



COMUNIDAD DE AVES DEL BOSQUE SECO TROPICAL EN LA MESA DE XÉRIDAS, SANTANDER, COLOMBIA

Sergio Andrés Collazos-González^{1,2} · María Ángela Echeverry-Galvis²

¹Fundación Conserva, Cra 18 #52a-27, Bogotá, Colombia.

²Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Transversal 4 #42-00, Piso 8 Bogotá, Colombia, 110231.

E-mail: Sergio Andrés Collazos-González · collazoss@javeriana.edu.co

Resumen · La caracterización de la avifauna en ecosistemas constituye información de base esencial para guiar estrategias de uso de los ambientes y su conservación. En dicho marco, se evaluó la composición y estructura de las comunidades de aves de sotobosque en tres microcuencas de la Mesa de Xéridas, en el bosque seco del cañón del Chicamocha, la parte de bosque seco más extensa de Colombia. Se evaluaron estos componentes a diferentes rangos de elevación, y épocas climáticas mediante muestreos con redes de niebla. Con 18.900 metros por hora red, se registraron 91 especies de 29 familias. Los índices de diversidad por microcuenca fueron similares, pero encontramos diferencias entre rangos altitudinales con mayores valores en la Totumera y en la época de transición. La estructura de las comunidades, comparando rangos/abundancias, en todas las microcuencas por altura y época correspondieron a un modelo log-normal. Las tres microcuencas presentan similitud por encima del 50% en composición según el índice de Sorensen. Los parámetros climáticos de temperatura y humedad variaron, presentando temperaturas más elevadas y menor humedad en las zonas más bajas, así como por épocas climáticas, menos en una de las tres microcuencas. La avifauna de los bosques secos tropicales presenta estabilidad temporal en la zona de estudio, con un grupo de especies núcleo permanente. Dado que este ecosistema está considerado en alto riesgo, conocer la composición de la comunidad de aves a lo largo del tiempo y espacio, facilita la toma de decisiones de uso y conservación.

Abstract · Bird communities in a tropical dry forest at Mesa de Xéridas, Santander, Colombia

The characterization of bird assemblages constitutes key baseline information to guide plans of environmental land use and conservation. Here, we evaluated the composition and structure of understory bird communities in three micro-basins of Mesa de Xéridas, in the dry forest of Chicamocha Canyon, Colombia's most extensive dry forest area. Bird assemblages were studied at different elevations and climatic seasons by means of mist netting. Based on 18,900 m of mist net/hour, we recorded 91 species of 29 families. The sub-basin diversity indexes were similar, but showing differences between altitudinal ranges and climatic season, with higher values in Totumera and during the transition season from dry to rainy. The structure of the communities, comparing rank/abundances, in all sub-basins by elevation and season, corresponded to a log-normal model. Temperature and humidity varied between most heights and climatic seasons, except in one of the three sub-basins, showing higher temperature values at lower elevations, as well as significantly lower relative humidity. Our results suggest that the studied bird assemblages are temporally stable, mainly due to a set of permanent core species. Given that this ecosystem is considered at high risk, knowing the composition of the community in different seasons and at various elevations, provides baseline information useful for decision-making in land use and conservation.

KEY WORDS: Bird communities · Canyon of Chicamocha · Gradients · Tropical dry forest

INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical (BST) es considerado un ecosistema frágil, debido al déficit hídrico estacional, su vulnerabilidad al fuego, erosión, su alto endemismo (Hernández et al. 1992, Ceballos 1995, Trejo & Dirzo 2000, Prance 2006, Dirzo et al. 2011), y a que es uno de los más amenazados a nivel mundial (Janzen 1988, Olson & Dinerstein 1998, Hoekstra et al. 2005). Los bosques secos representan el 42% de los bosques tropicales y subtropicales del mundo, de los que persiste menos del 0,1% (Murphy & Lugo 1986, Janzen 1988). Miles et al. (2006), afirman que

Receipt 18 November 2016 · First decision 20 February 2017 · Acceptance 13 October 2017 · Online publication 31 October 2017

Communicated by Kaspar Delhey © The Neotropical Ornithological Society

un 97% del BST restante, se encuentra en peligro de destrucción a causa de su transformación a sistemas agropecuarios, acarreado consigo una pérdida de endemismos (Stattersfield et al. 1998). Adicionalmente, este ecosistema está pobremente representado en las figuras de conservación nacional e internacional (Trejo & Dirzo 2000, Rodríguez et al. 2004, Sánchez et al. 2005, Pennington et al. 2006, Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010). En Colombia, la distribución original del BST se estima en 80.000 km², de los cuales persiste menos del 8% en un mosaico altamente degradado y fragmentado (IAvH 1998, Etter & Villa 2006, Armenteras & Rodríguez 2014, Pizano et al. 2014, Pizano et al. 2016). A pesar de la singularidad del BST en su biota, y de ser considerado como un ecosistema prioritario, tan solo 6,4% del mismo se encuentra bajo alguna figura de protección en Colombia (Pizano et al. 2016).

Las comunidades de aves del BST son consideradas una mezcla de elementos de transición entre zonas áridas y húmedas, con un número reducido de aves que pueden usar la variedad de ambientes dentro del gradiente altitudinal (Murphy & Lugo 1986, Ceballos 1995, Stotz et al. 1996, Gómez & Robinson 2014), y se estima que las especies restringidas al mismo pueden ser más vulnerables al cambio climático (Julliard et al. 2004, Toms et al. 2012). Estas avifaunas de valles secos interandinos tienen similitud taxonómica con la avifauna de la planicie del Caribe (Stotz et al. 1996), dadas las similares condiciones climáticas que afrontan (Stotz et al. 1996, Gómez & Robinson 2014). Haffer (1967), sugirió que la avifauna de ambas zonas proviene de un grupo común de la costa norte de Colombia, debido a que estas regiones probablemente estuvieron conectadas durante los periodos de sequía en el Pleistoceno y post-Pleistoceno (Hernández et al. 1963, Hernández et al. 1992, Gómez & Robinson 2014). En Colombia, se han llevado a cabo diversos estudios sobre la avifauna en bosques secos, principalmente en la zona del Caribe (Haffer 1961, Marinkelle 1970, Andrade & Mejía 1988, IAvH 1997, Pacheco et al. 2008), valle del Magdalena (Losada-Pardo et al. 2005, Sanabria-Mejía et al. 2007, Losada-Pardo & Molina-Martínez 2011, Gómez & Robinson 2014), Magdalena medio (IAvH 1995) y valle del Cauca (Tamayo & Cruz 2014, Tamayo & Cruz 2015), pero con pocos estudios en la zona del Chicamocha (Parra et al. 2006, Parra et al. 2010) y la Guajira (Haffer 1961, Marinkelle 1970, Serna 1984, Andrade & Mejía 1988, Arteta & Lázaro 2014), y poca información sobre la ecología de las comunidades (Gómez & Robinson 2014).

El presente estudio evalúa la composición y estructura de las comunidades de aves de sotobosque en la región de la Mesa Xéridas de Santander, teniendo en cuenta diferencias en elevación y época climática. Para ello, se realizan comparaciones en relación a la composición taxonómica y diversidad por medio de índices cuantitativos entre microcuencas, entendidas estas como unidades geográficas típi-

cas de las cañadas asociadas a cauces o fuentes de agua de la Mesa de Xéridas en términos hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, y altura muestreada (Camargo & Agudelo 2017). Igualmente, se evalúa la similitud y recambio a lo largo del gradiente altitudinal y microcuencas, bajo los supuestos de singularidades en especies por cada elevación, que fuera concordante con trabajos en gradientes altitudinales en zonas tropicales (Terborgh & Weske 1975). Como aproximación a la definición de la estructura, se evalúan curvas de rango/abundancia, en donde de acuerdo con Magurran (2007), se espera que ambientes con condiciones más estacionales y/o fisiológicamente limitantes, como las partes bajas de los sistemas de BST, presenten mayor similitud a modelos geométricos dado que muy pocas especies presentarían tasas reproductivas altas (y por ello alta abundancia); mientras que áreas fisiológicamente menos estresantes, y con una comunidad más diversa, presentarían curvas ajustadas a modelos log-normales o de vara partida, en donde por procesos de denso-dependencia existe una mayor regulación de abundancias entre especies (Magurran 2007, Mittelbach 2012).

MÉTODOS

Área de estudio. El cinturón de BST del cañón del bajo Chicamocha-alto Sogamoso, es el enclave interandino más extenso de Colombia. En él predominan las pendientes mayores a 15%, suelos superficiales y coberturas vegetales micrófilas y caducifolias con uno o dos estratos de follaje delgados, con una baja precipitación y capacidad de retención de humedad (Espinal & Montenegro 1963, Albesiano et al. 2003, Guzmán 2015). Prevalen coberturas subxerófitas de matorrales y bosques en sus laderas, bosques de porte alto en zonas riparias de las microcuencas (Albesiano et al. 2003, Valencia et al. 2012, Camargo & Agudelo 2017), circundados en zonas bajas y medias, por áreas con pastoreo intenso de cabras (*Capra hircus*) y cultivos de tabaco (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae), y en partes altas por cultivos de café (*Coffea arabica*, Rubiaceae), cacao (*Theobroma cacao*, Malvaceae) y plátano (*Musa paradisiaca*, Musaceae) (Cárdenas et al. 2000, Parra et al. 2006, Valencia et al. 2012). Esta región está catalogada como un Área Importante para la Conservación de las Aves en Colombia (AICA) y actualmente se encuentra altamente degradada (Franco & Bravo 2005, Parra et al. 2006, Pizano et al. 2014).

El estudio se llevó a cabo en tres microcuencas en la vertiente montañosa de la Mesa de Xéridas (Cordillera Oriental), ubicadas entre los municipios de Los Santos, Piedecuesta y Girón, departamento de Santander, Colombia (Figura 1). Esta región posee un rango altitudinal desde los 300 m s.n.m., en el fondo del cañón del río Sogamoso, o los 500 m s.n.m., en el cañón del río Chicamocha, hasta los 1600–1800 m s.n.m. en sus partes más elevadas (Camargo & Agudelo 2017). Se observan coberturas boscosas asocia-

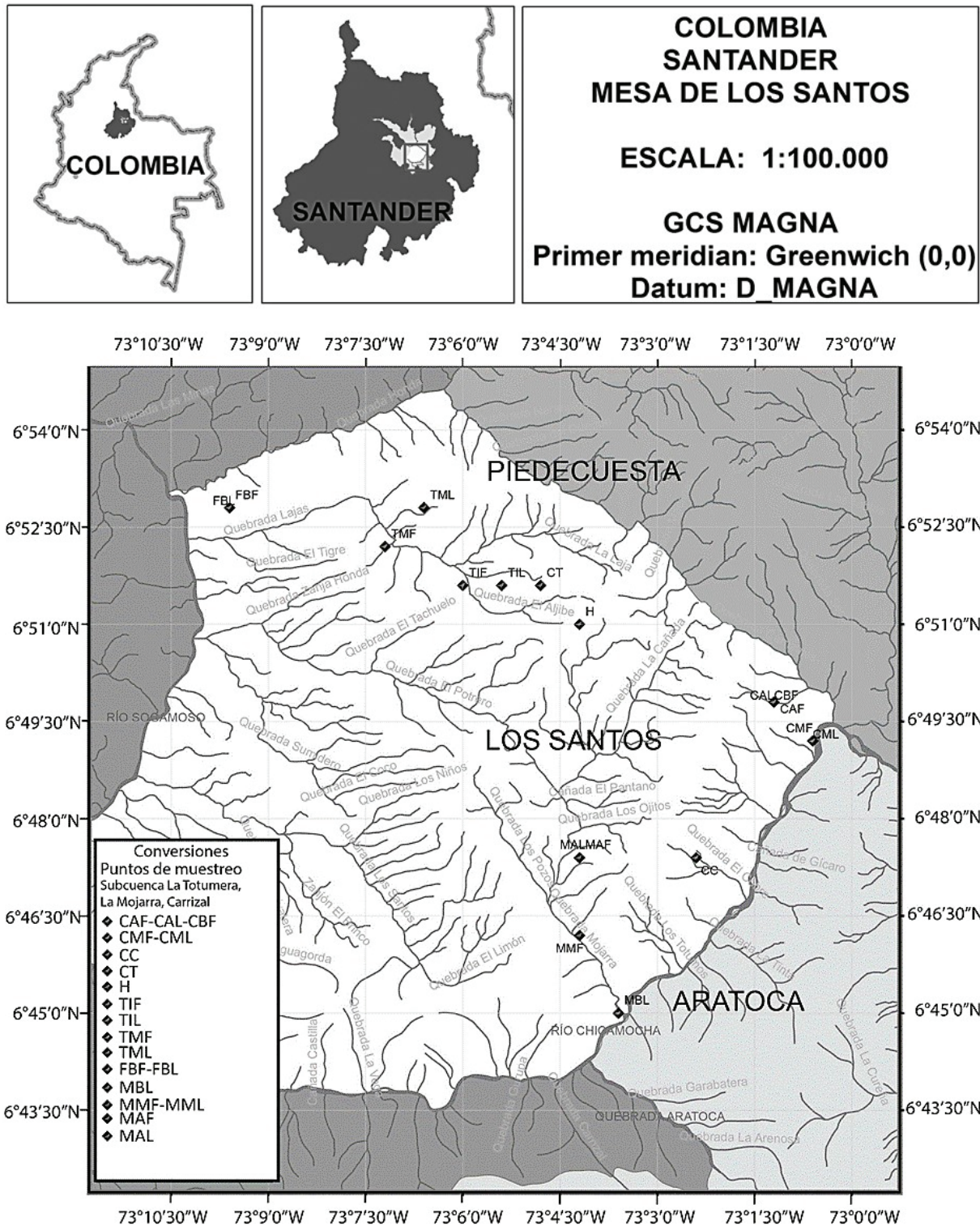


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las tres microcuencas estudiadas en la Mesa Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia. Las siglas hacen referencia a los puntos específicos de muestreo (ver Tabla 1).

das a quebradas, con árboles de caracolí (*Anacardium excelsum*, Anacardiaceae), tibigaro (*Astronium graveolens*, Anacardiaceae), castañeto (*Cascabela thevetia*, Apocynaceae) y moral (*Maclura tinctoria*, Moraceae) entre otros. En las laderas se establecen matorrales subxerofíticos secundarios con dominancia de mulato (*Cordia curassavica*, Boraginaceae),

orégano de monte (*Lippia organoides*, Verbenaceae), *Rauvolfia tetraphylla* (Apocynaceae), con arbolitos dispersos de cují (*Prosopis juliflora*, Fabaceae), carate (*Bursera simaruba*, Burseraceae), espinos negro (*Parkinsonia praecox*, Fabaceae), gallinero (*Pithecellobium dulce*, Fabaceae) y *Randia aculeata* (Rubiaceae). En los estratos bajos, se encuentran *Stenocereus gri-*



Figura 2. Organización de los puntos de muestreo (área de referencias de 400 m de radio) ubicadas en cada microcuena y su ladera próxima, en la zona de la Mesa de las Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia.

seus, *Melocactus pescaderensis*, *Opuntia depauperata*, *O. pubescens*, *O. dillenii* (Cactaceae), entre otras (Albesiano et al. 2003, Valencia et al. 2012, Fajardo et al. 2015, Camargo & Agudelo 2017, SAC-G observ. pers.).

La zona de estudio presenta una temperatura anual promedio de 28°C y una precipitación anual promedio de 731 mm (Valencia et al. 2012, Guzmán 2015). Una primera fase de campo se desarrolló en época seca, entre marzo y julio de 2014, y la segunda en época de transición de seca a húmeda, entre agosto y noviembre del mismo año. Cada microcuena se dividió en tres rangos de elevación: bosque seco tropical (bs-T) (300–700 m s.n.m., denominado bajo), bosque seco premontano (bs-PM) (700–1200 m s.n.m., denominado medio) y bosque húmedo premontano (bh-PM) (> 1200 m s.n.m., denominado alto) (Holdridge 1987). En estas elevaciones se definieron áreas de referencia o “centroides” de 400 m de radio (Figura 2), donde se establecieron estaciones de muestreo, para un total de 21 estaciones en las tres microcuencas y tres puntos adicionales en las partes altas, dos zonas de extensos escarpes que rodean la Mesa de Xéridas denominados cinglas, y un humedal presente en el altiplano (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

Trabajo de campo. En cada estación de muestreo, se instalaron 6 redes de niebla (de 6, 9 o 12 metros), con un total de 75 m por estación, con apertura de 36

mm, tanto en el fondo de la microcuena como en su ladera próxima (Figura 2). Las redes se operaron entre las 06:00–10:00 h y entre las 16:00–18:00 h, durante dos días consecutivos (Wunderle 1994). El esfuerzo de muestreo fue calculado por metros de red x número de horas/red (Sánchez-Rojas & Rojas-Martínez 2007), para un total de 900 m/h/r por estación de muestreo. Si bien las redes de niebla presentan sesgos en relación al estudio de las comunidades en aves (Stiles & Rosselli 1998), se considera una aproximación válida al estudio de comunidades en gradientes (Terborgh & Weske 1975, Terborgh 1985), las cuales han sido empleadas extensamente en múltiples contextos (Blake & Loiselle 2009, Almazán et al. 2015).

Cada ave capturada fue identificada con ayuda de la guía de aves de Colombia (Hilty & Brown 1986) y Norteamérica (Dunn & Alderfer 2011) y posteriormente liberada, sin ningún tipo de marca (anillos u otros). Para la clasificación taxonómica y nomenclatura, se siguió la clasificación de Remsen et al. (2016). La asignación de endemismos correspondió con la propuesta de Chaparro-Herrera et al. (2014) y el tipo de migración de las especies con la definición de Naranjo et al. (2012).

Análisis de datos. La representatividad del muestreo de cada microcuena se determinó por curvas de acumulación de especies con los estimadores ICE y

Tabla 1. Detalles de la ubicación de puntos de muestreo a lo largo de las tres microcuencas estudiadas en la zona de la Mesa Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia. Las siglas corresponden a aquellas ubicaciones de la Figura 1.

Microcuencas	Estaciones de muestreo	Sigla	Latitud N (UTM)	Longitud W (WGS84)	Elevación (m s.n.m.)
La Totumera	Humedal	H	6,85	-73,07	1615
	Cingla, la Totumera	CT	6,86	-73,08	1533
	Totumera, intersección ladera	TIL	6,86	-73,09	1210
	Totumera, intersección Fondo	TIF	6,86	-73,1	1155
	Totumera, media ladera	TML	6,88	-73,11	944
	Totumera, media fondo	TMF	6,87	-73,12	678
	Fríos, bajo fondo	FBL	6,88	-73,16	436
	Fríos, bajo ladera	FBF	6,88	-73,16	419
La Mojarra	Cingla, el Cobre	CC	6,79	-73,04	1510
	La Mojarra, alta ladera	MAL	6,79	-73,07	1448
	La Mojarra, alta fondo	MAF	6,79	-73,07	1426
	La Mojarra, media ladera	MML	6,77	-73,07	1106
	La Mojarra, media fondo	MMF	6,77	-73,07	1087
	La Mojarra, baja ladera	MBL	6,75	-73,06	575
	La Mojarra, baja fondo	MBF	6,75	-73	536
Carrizal	Carrizal, alta fondo	CAF	6,83	-73,02	1532
	Carrizal, alta ladera	CAL	6,83	-73,02	1495
	Carrizal, media fondo	CMF	6,82	-73,01	1171
	Carrizal, media ladera	CML	6,82	-73,01	1169
	Carrizal, bajo ladera	CBL	6,83	-73	635
	Carrizal, bajo fondo	CBF	6,83	-73,02	613

Chao 2 (Colwell & Coddington 1994), mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell 2013). Se evaluó la composición respecto a familias y especies en las tres microcuencas, y se determinó el índice de alfa de Fisher por microcuenca, altura y época, determinando los límites inferiores y superiores por bootstrap en 1000 iteraciones.

Se definió la diversidad beta como el coeficiente de similitud de Sorensen, y el índice de recambio de Whittaker por medio del programa estadístico PAST 3.1 (Hammer et al. 2001). Usando curvas de rango/abundancia, se evaluó la estructura de las comunidades en cada microcuenca por época climática, comparándolas con cuatro modelos estadísticos, por medio de una prueba de Chi-cuadrado de bondad de ajuste (χ^2) (Magurran & McGill 2010).

Se obtuvieron datos de humedad relativa y temperatura cada 30 minutos, por medio de un centro atmosférico de datos Brunton ADC Pro, en cada estación. Dado que no se encontraron diferencias significativas entre microcuencas para cada rango altitudinal (Kruskal-Wallis $H \leq 2,35$, $df = 2$, $P \geq 0,32$ para humedad relativa; Kruskal-Wallis $H \leq 3,20$, $df = 2$, $P \geq 0,17$ para temperatura), se compararon primero, entre rangos altitudinales (alto, medio y bajo) para todas las microcuencas, por medio de una prueba de

Kruskal-Wallis. Posteriormente, en cada microcuenca de manera independiente, se determinó si existían o no diferencias entre la época seca y de transición seca-húmeda, por medio de una prueba de Wilcoxon.

RESULTADOS

Con un esfuerzo de muestreo de 18.900 m/h-red, se capturaron 762 individuos, de 91 especies de 29 familias (Material suplementario). En la microcuenca La Totumera, se capturaron 23 familias, en la microcuenca la Mojarra 16, y en la microcuenca Carrizal, 21 familias. Las familias mejor representadas fueron Thraupidae (24%), Tyrannidae (14%), Trochilidae (11%) y Parulidae (8%). Las familias Columbidae y Emberizidae, aunque representadas por pocas especies, presentaron abundancias relativamente altas.

La microcuenca con más especies fue La Totumera con 73 (Tablas 2, 3), y asimismo allí se registró el mayor número de individuos capturados (145) (Tabla 3). Para las tres microcuencas juntas, el muestreo tuvo una representatividad entre 78,4% (ICE) y 71,2% (Chao 2), donde se esperarían 116 o 129 especies según ICE y Chao 2 respectivamente. A nivel de cada

Tabla 2. Estimadores de riqueza no paramétricos (ICE y Chao 2), de las aves registradas en las tres microcuencas estudiadas en la Mesa de Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia. Sp cap: Especies capturadas en cada microcuena, y altura (B: parte baja, M: parte media, y A: alta); Sp Esp: Especies estimadas según estimador; %Ef: Porcentaje de representatividad según cada estimador.

Microcuencas	Sp cap	Número de individuos capturados			Estimadores			
		B	M	A	ICE		Chao 2	
					Sp Esp	% Ef	Sp Esp	% Ef
Totumera	73	100	18	4	101,67	72,87	103,17	69,79
Mojarra	50	31	18	70	73,47	71,52	71,49	69,94
Carrizal	72	41	20	84	83,19	86,55	75,23	95,71
TOTAL	91	172	56	158	116,14	78,35	127,82	71,19

microcuena, la mayor representatividad se logró en Carrizal, 86,5–95,7% (Tabla 2).

Las especies más abundantes fueron el Hormiguero pechinegro (*Formicivora grisea*), Picochato perlado (*Hemitriccus margaritaceiventer*), Espiguero capuchino (*Sporophila nigricollis*), Semillero pechinegro (*Tiaris bicolor*), Saltador pio judío (*Saltator striatipectus*), Tángara rastrojera (*Tangara vitriolina*, casi endémica de Colombia), y el Arañero cabecirrufo (*Basileuterus rufifrons*) con números que oscilaron entre los 20 y los 72 individuos totales. En época transición seca–húmeda el Semillero pechinegro fue el más abundante, seguido del Saltador pio judío, y en época de transición seca–húmeda el Semillero mantuvo dominancia, seguido del Vireo ojirrojo (*Vireo olivaceus*) y Amazilia ventricastaño (*Amazilia castaneiventris*). Tres especies que se registraron en ambas épocas están presentes únicamente en bosques secos interandinos: Amazilia ventricastaño, Atrapamoscas apical (*Myiarchus apicalis*), y el Pinzón alidorado (*Arremon schlegeli canidorsum*), subespecie endémica del cañón del Chicamocho.

Durante la época de transición seca–húmeda se capturaron 21 especies (75 individuos) de migrantes transcontinentales. Se destacan por sus abundancias Cuco americano (*Coccyzus americanus*), Vireo ojirrojo (*Vireo olivaceus*), Zorzal de Swainson (*Catharus ustulatus*), Reinita acuática (*Parkesia noveboracensis*), Reinita cabecidorada (*Pronotaria citrea*), Reinita amarilla (*Setophaga petechia*), Piranga roja (*Piranga rubra*), y Piranga alinegra (*Piranga olivacea*) (Material suplementario). No se capturaron especies migratorias transcontinentales durante la época seca.

El índice de alfa de Fisher (α) varió entre épocas climáticas por cada microcuena, las diferencias fueron mayores en la Totumera (Seca $\alpha = 19,8$; Transición seca–húmeda $\alpha = 28,5$), seguida de Carrizal (Seca $\alpha = 13,4$; Transición seca–húmeda $\alpha = 19,4$) y menos marcadas en la Mojarra (Seca $\alpha = 15,1$; Transición seca–húmeda $\alpha = 16,1$) (Tabla 3). Comparando las microcuencas con todos sus rangos, La Totumera tuvo el mayor valor de α (Tabla 4). Tomando en cuenta

todas las microcuencas, este índice tomó los valores más altos en las zonas de mayor altitud (1,8) y durante la época seca (25,3) (Tabla 4).

Según el índice de Sorensen, la microcuena Carrizal y la Mojarra tuvieron una similitud del 63%, la Totumera-Mojarra del 56% y Carrizal-Totumera del 53%. La similitud entre la parte alta y media de todas las microcuencas fue de 60%, mientras que entre la parte media y baja la similitud fue de 53%. Al comparar entre épocas climáticas, en relación a su similitud, se encontró una diferencia de 49% (Tabla 5). El índice de Whittaker evidenció un alto reemplazo de especies entre las partes baja y alta de las tres microcuencas ($W = 0,76$) y un alto reemplazo entre las microcuencas Mojarra y Carrizal ($W = 0,70$), y poco reemplazo entre épocas climáticas ($W = 0,38$). El resto de comparaciones entre microcuencas y zonas altitudinales estuvo por debajo del valor de 0,33. Para las tres microcuencas evaluadas, tanto en época seca como transición seca–húmeda, las curvas de rango/abundancia se ajustaron mejor a un modelo log-normal ($\chi^2 > 45,52$, $P \leq 0,02$) (Figuras 3a, b).

Se encontraron diferencias significativas en la humedad relativa a diferentes alturas (Kruskal-Wallis $H = 60,01$ $df = 2$ $P \leq 0,0001$), con mayor humedad en la parte alta (promedio = 82,8%, EE = 0,96), seguido de la parte media (promedio = 79%, EE = 0,73), y la parte baja de (promedio = 73,4%, EE = 0,86). Así mismo se encontraron diferencias en temperatura (Kruskal-Wallis $H = 13,6$ $df = 2$ $P \leq 0,0001$), con los valores más elevados en la parte baja (promedio = 27,9°C, EE = 0,2), disminuyendo con la altura (parte media, promedio = 24,5°C, EE = 0,23; parte alta, promedio = 22,0°C, EE = 0,3). La prueba de signos de Wilcoxon entre la temporada seca y de transición seca–húmeda para cada microcuena, arrojó diferencias significativas en humedad relativa ($Z \leq -3,9$, $P \leq 0,0001$), donde los valores más bajos se presentaron en la época seca en Mojarra (69,5%), y los mayores en la misma microcuena para en época de transición (86,4%). La temperatura, no presentó diferencias entre épocas en Carrizal ($Z = 0,05$, $P = 0,89$), pero sí en las otras dos microcuencas ($Z \geq 5,74$, $P \leq 0,0001$), con el valor máximo en Totumera en época seca (28,1°C),

Tabla 3. Individuos capturados y diversidad alfa de la avifauna capturada en redes presente en las tres microcuencas estudiadas en la Mesa de Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia, discriminadas por época climática.

Microcuencas	ÉPOCA					
	SECA			TRANSICIÓN SECA-HÚMEDA		
	Individuos capturados	Riqueza	Fisher (αF)	Individuos capturados	Riqueza	Fisher (αF)
Totumera	145	42	19,83	125	48	28,51
Mojarra	119	33	15,12	70	27	16,11
Carrizal	145	31	13,4	178	45	19,39

Tabla 4. Riqueza y diversidad alfa para los diferentes gradientes evaluados en las tres microcuencas de la Mesa de Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia, con intervalos de confianza calculados por bootstrap.

Atributo	Riqueza	Fischer (αF)	Límite inferior	Límite superior
Microcuencas				
Totumera	73	1,55	1,55	1,55
Mojarra	50	1,43	1,43	1,45
Carrizal	72	1,06	1,06	1,07
Altura				
Alta	57	1,8	1,77	1,8
Media	59	1,28	1,12	1,28
Baja	39	1,02	1	1,02
Época				
Seca	61	25,34	22,9	25,39
Transición seca-húmeda	70	20,38	20,1	20,48

y el mínimo en Mojarra durante la época de transición seca-húmeda (22,5°C).

DISCUSIÓN

En el bosque seco tropical (BST) estudiado, registramos 91 especies, y detectamos variaciones en términos de índices de diversidad entre microcuencas, rango altitudinal y época climática. A pesar de estas variaciones, la estructura de la comunidad evaluada por medio de las curvas de rango/abundancia, se mantuvo constante entre diferentes microcuencas y épocas, ajustándose al modelo teórico log-normal.

Estudios anteriores en otras localidades del cañón del Chicamocha, registraron hasta 168 especies (Parra et al. 2006) y 104 fueron detectadas en la Reserva Natural Cucarachero del Chicamocha (Parra et al. 2010), incluyendo observaciones directas y registros auditivos. Estos rangos concordarían con los esperados según los estimadores aquí utilizados, ya que habríamos capturado el 70% de las posibles especies en las microcuencas estudiadas en la Mesa de Xéridas. Es importante considerar que a pesar del alto esfuerzo de muestreo realizado en horas red, es necesario complementarlo con inventarios prolongados a lo largo del tiempo, y acompañado con otras técnicas (Stiles & Rosselli 1998). Comparando la riqueza del área de estudio con estudios en la Guajira por

Andrade & Mejía (1988) y Arteta & Lázaro (2014), que registraron 62 y 54 especies respectivamente; y aquellos realizados en el valle del Cauca por Tamayo & Cruz (2014) con 76 especies, sugeriría que esta franja de BST presenta una alta riqueza de aves. En otros países, estos números oscilan entre 57 especies en México (Navarro 1992), 72 en Venezuela (Verea & Solórzano 2001), y 83 especies en Nicaragua (Vilchez et al. 2004).

En cuanto a la composición de la avifauna, la familia Thraupidae presentó las mayores capturas, seguida de Tyrannidae para las microcuencas Carrizal y Mojarra, y de Trochilidae para la Totumera. Thraupidae es una de las familias mejor representadas entre las aves Neotropicales, con especies presentes en todos los ambientes (Ayerbe-Quiñonez 2013). La familia Tyrannidae que presentó un número alto de especies en las tres microcuencas, característico del BST en Colombia y otros países (Verea et al. 2000, Verea & Solórzano 2001, Cárdenas et al. 2003, Losada-Pardo et al. 2005, Sanabria-Mejía et al. 2007, Tamayo & Cruz 2014, Almazán et al. 2015), por sus diversas estrategias de forrajeo que le permiten colonizar ambientes secos y abiertos (Verea & Solórzano 2001, Fitzpatrick 2004, Ohlson et al. 2008, Rosa et al. 2013). La microcuenca Carrizal presentó una alta riqueza de especies migratorias que representaron el 9,85% de las capturas (principalmente familia

Tabla 5. Coeficiente de similitud de Sorensen entre gradientes de altura en las tres microcuencas estudiadas en la Mesa de Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia. En la diagonal sombreada, se da el número de especies únicas, y abajo los valores del coeficiente de similitud de Sorensen (varía entre 0 [no existe similitud] y 1 [comunidades idénticas]).

CUENCAS	Carrizal	Mojarra	Totumera
Carrizal	56		
Mojarra	0,63	42	
Totumera	0,53	0,56	62
ALTURA	Alta	Baja	Media
Alta	57		
Baja	0,57	59	
Media	0,6	0,53	39
ÉPOCA	Seca-húmeda	Seca	
Transición seca-húmeda	40		
Seca	0,61	70	

Parulidae) en la parte baja, resultado afín a lo obtenido por Andrade & Mejía (1988) en la Guajira. Este porcentaje de migrantes en bosque seco fue mayor que el reportado para bosques secos de Venezuela (Poulin et al. 1993, Vereza & Solórzano 2001), pero menor al 14% señalado en Perú y Costa Rica (González & Málaga 1997, Young et al. 1998).

Las especies más abundantes en ambas épocas climáticas (ver resultados) son típicas de matorrales áridos, vegetación secundaria y bosques deciduos (Hilty & Brown 1986, Gómez & Robinson 2014), lo que indica que a pesar de los cambios estacionales, el BST mantiene una comunidad estructurada a partir de especies que pueden aprovechar de manera preferencial los recursos que son más o menos estables. El colibrí *Amazilia ventricastano*, endémico del Cañón del Chicamocha (Chaparro et al. 2014) y en categoría En Peligro (López 2002, Cortes-Herrera et al. 2016), fue capturado en las tres microcuencas, con mayor número de individuos en la microcuenca La Totumera en sus tres elevaciones. Su abundancia aumentó en época transición seca-húmeda, pero aún en la época seca estuvo entre las especies más abundantes, posiblemente por la floración de plantas asociadas a bosques secundarios, riparios y matorrales, destacándose especies como el nacedero (*Trichanthera gigantea*, Acanthaceae), guamos (*Inga vera*, *I. punctata*, *I. codonatha*), igua (*Albizia guachepele*), *Caesalpinia pulcherrima*, *Haematoxylum brasiletto* (todos representantes de la familia Fabaceae) y *Tabernaemontana grandiflora* (Apocynaceae) (López 2002, Cortés-Herrera 2005, Chaves-Portilla & Cortés-Herrera 2006, Cortes-Herrera et al. 2016, SAC-G observ. pers.). Influyendo igualmente los cactus (*Opuntia caracasana*, *O. stricta*, *O. schumannii*), bromelias (*Bromelia chrysantha*, *Tillandsia flexuosa*, *T. usneoides*, Bromeliaceae), herbáceas *Stemodia durantifolia* (Scrophulariaceae), *Leonotis nepetifolia* (Lamiaceae) y aranto *Kalanchoe daigremontiana* (Crassulaceae) especie

invasora (SAC-G observ. pers.). Adicionalmente, se capturaron cinco individuos del Cucarachero de Nicéforo (*Thryophilus nicefori*), especie endémica del Cañón del Chicamocha (Chaparro et al. 2014) y categorizada En Peligro Crítico a nivel nacional (López 2002, Rengifo et al. 2016) y mundial (BirdLife International 2015), que solo se encontró en la parte alta de la microcuenca la Totumera y Carrizal (Figura 1). Este cucarachero, frecuentemente establece sus territorios en coberturas vegetales ubicadas en pendientes fuertes con alta humedad y acumulación de hojarasca, en bosques riparios, zonas de cinglas y cultivos de café y cacao (López & Cadena 2002; Parra et al. 2006, 2016; Valderrama et al. 2007b, 2008; SAC-G observ. pers.).

Según el índice de alfa de Fisher, las microcuencas fueron muy similares, posiblemente por las similitudes en cobertura vegetal y topografía del área de estudio (Valencia et al. 2012, Guzmán 2015, Camargo & Agudelo 2017). Sin embargo, los valores más altos de diversidad se encontraron en las zonas altas ($\alpha = 1,80$), y durante la época seca ($\alpha = 25,34$). Existen pocos estudios sobre la distribución de aves en gradientes de elevación a pequeña escala en bosques secos (Andrade & Mejía 1988, Purificação et al. 2013), pero se ratifica un aumento de diversidad hacia las partes medias de los rangos de las cordilleras Neotropicales, que corresponde en este estudio al rango considerado alto, por encima de los 1200 m s.n.m. (Terborgh 1975, Navarro 1992, McCain 2009). En elevaciones altas y más húmedas como los escarpes de la Mesa de Xéridas de las tres microcuencas, se destaca la captura del Arañero cejiblanco (*Basileuterus culicivorus*), Atrapamoscas oliváceo (*Mionectes olivaceus*), Ermitaño carinegro (*Phaethornis anthophilus*), *Amazilia frentiazul* (*Amazilia cyanifrons*) endémica de la cordillera oriental y el valle del Magdalena, y *Thryophilus nicefori* endémica del cañón del Chicamocha (Chaparro et al. 2014).

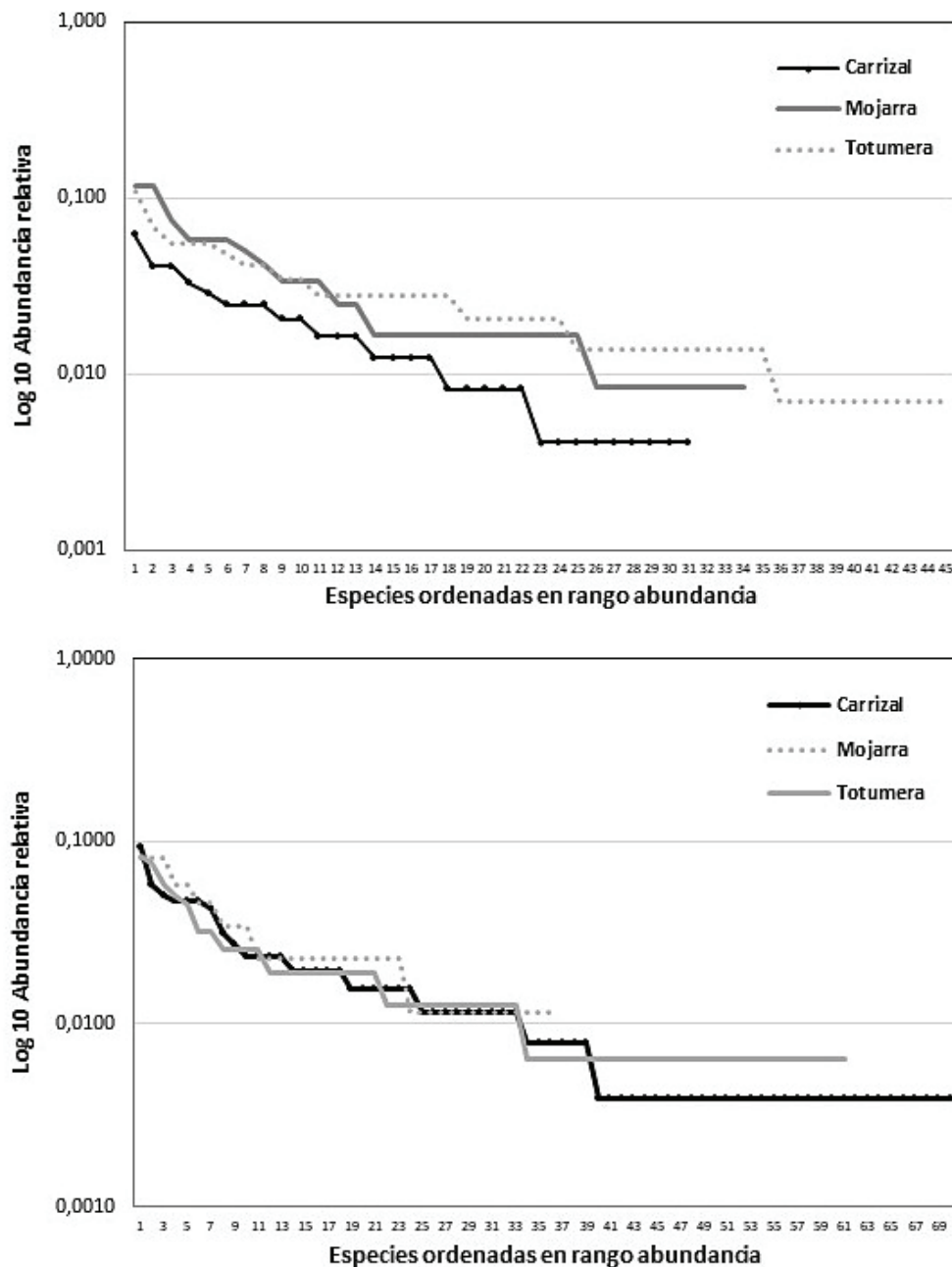


Figura 3. Curvas de rango/abundancia de las comunidades de aves de tres microcuencas en (a) época seca y (b) época de transición seca-húmeda, en la Mesa de Xéridas de Santander, Cordillera Oriental de Colombia.

La diversidad fue mayor en la época seca que en la época de transición (Tabla 4), contrario a lo que podría considerarse si antes de finalizar las lluvias se presenta una mayor cobertura vegetal. Sin embargo, es en la época previa a las lluvias donde el BST presenta una alta oferta de flores y frutos (Poulin et al. 1992, Pizano et al. 2016). Esto podría reflejar que la fenología del hábitat y su sincronía estaría determinando las especies que se mantienen en condiciones climáticas difíciles en la época seca (Poulin et al. 1992). En concordancia con la semejanza en valores de diversidad, el índice cualitativo de Sorensen mostró similitud entre microcuencas con valores por encima de 50%, aun cuando cada microcuencia

tuvo varias especies únicas (Tabla 5). Estos altos porcentajes de similitud podrían deberse a la homogeneidad de la vegetación de los enclaves del BST, como lo han propuesto otros autores (Gentry 1995, Cárdenas et al. 2003, Sáenz et al. 2007, Carrillo et al. 2007, Fernández et al. 2013, Guzmán 2015, Alvarado & Otero 2015), donde a pesar de la similitud identificada por el índice de Sorensen, se observa un recambio de especies (según el índice de Whittaker). Sería interesante conocer los movimientos de las aves entre microcuencas, alturas y épocas, con el fin de definir si los movimientos verticales actúan como corredores que enlazan transiciones de bosques secos premontanos a bosques premon-

tanos húmedos (Beier & Noss 1998, Blake & Loiselle 2009).

Si bien algunas especies se registraron exclusivamente en una u otra época, la desaparición de estas no modificó la estructura de la comunidad, la cual mantuvo en todos los casos una estructura similar a la propuesta por el modelo log-normal. El análisis de estructura en comunidades permite evaluar el nivel de cohesión y la organización de las poblaciones que interactúan en un ecosistema (Svanbäck & Bolnick 2007). En ese sentido, la avifauna que conforma la comunidad en la Mesa de Xéridas, presentaría estabilidad estructural y posiblemente también funcional (C. Moreno com. pers.). El ajuste a un modelo log-normal, reflejaría una repartición de nicho ajustado a cada época y/o altura, según el cambio en abundancias de las especies (Fisher et al. 1943, Whittaker 1975, Magurran 2007). Bajo este modelo, se considera un grupo numeroso de especies con dominancias intermedias, pocas especies dominantes y pocas raras (Magurran 2007). Tras este modelo en comunidades subyace la idea de una partición jerárquica del nicho que se refleja en las abundancias relativas de las especies (Sugihara 1980), donde los niveles de redundancia de especies con nichos similares son bajos (Kevan et al. 1997). Estos modelos son esperados en comunidades donde las abundancias de las especies están determinadas por múltiples factores que interactúan (May 1975), como es el caso de los BST donde los cambios climáticos llevarían a cambios fenológicos que limitan los recursos disponibles (en vegetación y artrópodos), delimitando una mayor competencia por dichos recursos en la comunidad (Blake & Loiselle 1991, Poulin et al. 1992, Moreno & Halffter 2001, López de Casenave et al. 2008, Blake & Loiselle 2009, Almazán et al. 2015). Dentro de estos modelos log-normales, identificar las especies raras es importante al señalar que serían más susceptibles a desaparecer, dados que sus requerimientos de nicho pueden estar pobremente satisfechos (Magurran 2007). En la Mesa de Xéridas, las especies raras fueron entre el 6,4% de las registradas en época seca y 3,6% para la época de transición.

Es recomendable realizar inventarios más prolongados y con técnicas complementarias para aumentar la representatividad de este estudio preliminar. A pesar de estas limitaciones, este estudio ratifica la importancia de la avifauna del Cañón del Chicamocha, en términos de riqueza y singularidad. La información aquí presentada, constituye una base para realizar mediciones de impacto de obras que a la fecha están siendo planteadas y ejecutadas en cercanía a los puntos de muestreo, como la explotación minera de yeso y potasio (González & Espinosa 2012) y el proyecto hidroeléctrico Hidrosogamoso (Gutiérrez & Correa 2013, Bautista 2015), así como para evaluar oportunidades de conservación de la biodiversidad de esta región estratégica que es considerada como una de las más modificadas del país (García et al. 2014, Pizano et al. 2016).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Desarrollo y extensión de un modelo de corredor ecológico vertical de cañada para la conservación del bosque seco tropical y la adaptación al cambio climático en la Mesa de Xéridas, en el cinturón árido del bajo Chicamocha-Alto Sogamoso” liderado por la Fundación Guaya canal, Fundación Conserva, Fundación Chimbilako y Ecopetrol. Nuestros sinceros agradecimientos a Alexandra Delgadillo Méndez y Oscar Ramos Real de la Fundación Conserva por liderar y coordinar este estudio, al equipo en campo Laura Guerrero Hernández, María Camila Pérez Guevara y Yesid Rincón Celis. A Laura Agudelo Álvarez coordinadora general del proyecto de la Fundación Guaya canal. Un especial reconocimiento a Patricia Ponce de León y Germán Camargo Restrepo por su incondicional apoyo en las salidas de campo y a todas las personas de la Mesa de Xéridas que nos otorgaron su mejor disposición y receptividad. Las capturas se realizaron dentro del marco del permiso de estudio con fines de investigación científica en Diversidad Biológica resolución 0284 de 2015 otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) a la Fundación Estación Biológica Guaya canal.

REFERENCIAS

- Albesiano, S, O Rangel-CH & A Cadena (2003) La vegetación del cañón del río Chicamocha. Santander-Colombia. *Caldasia* 25: 73–99.
- Almazán-Núñez, R, M del Coro Arizmendi, LE Eguarte & P Corcuera (2015) Distribution of the community of frugivorous birds along a successional gradient in a tropical dry forest in south-western Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 31: 57–68.
- Alvarado-Solano, DP & JT Otero-Ospina (2015) Distribución espacial del bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 20: 141–153.
- Andrade, G & C Mejía (1988) Cambios estacionales en la distribución de la avifauna terrestre en el Parque Nacional Natural Macuira, Guajira, Colombia. *Trianea* 1: 145–169.
- Armenteras, D & N Rodríguez (2014) Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal* 17: 233–246.
- Arteta, BR & ML Lázaro (2014) Avifauna de bosque seco subtropical presente en ocho localidades de la Media Guajira colombiana. *Boletín Científico Museo Historia Natural Universidad de Caldas* 19: 125–137.
- Ayerbe-Quiñones, F (2013) *Tangara de Colombia*. Serie: Avifauna Colombiana. Wildlife Conservation Society, Bogotá, DC, Colombia.
- Bautista, LE (2015) *Evaluación ambiental estratégica del componente abiótico en el proyecto hidroeléctrico sobre el Río Sogamoso “Hidrosogamoso”*. Bachelor's thesis, Univ. Militar Nueva Granada, Colombia.
- Beier, P & RF Noss (1998) Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology* 12: 1241–1252.
- Blake, JG & BA Loiselle (1991) Variation in resource abundance effects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. *The Auk* 108: 114–130.

- Blake, JG & BA Loiselle (2009) Species composition of Neotropical understory bird communities: local versus regional perspectives based on capture data. *Biotropica* 41: 85–94.
- BirdLife International (2015) *Thryothorus nicefori*. En: *IUCN Red List of threatened species*. Version 2015. Disponible en <http://www.iucnredlist.org> [Descargado el 12 de marzo de 2015].
- Camargo-Ponce de León, G & LG Agudelo-Álvarez (2017) Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia. *Biota Colombiana* 18: 35–59.
- Cárdenas, F, A Rojas, C Devia, J Herrera, H Cordero, G Mesa & M Farah (2000) *La conservación y la producción por parte de las comunidades locales en la cuenca media del río Chicamocha (Boyacá)*. Javegraf, Bogotá, DC, Colombia.
- Cárdenas, G, CA Harvey, M Ibrahim & B Finegan (2003) Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10: 78–85.
- Carrillo-Fajardo M, O Rivera-Díaz & R Sánchez-Montaño (2007) Caracterización florística y estructural del bosque seco tropical del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas* 29: 55–73.
- Ceballos, G (1995) Vertebrate diversity, ecology and conservation in Neotropical dry forests. Pp 195–220 en Bullock, SH, HA Mooney & E Medina (eds). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Chaparro-Herrera, S, MÁ Echeverry-Galvis, S Córdoba-Córdoba & A Sua-Becerra (2014) Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14: 113–150.
- Chaves-Portilla, G & JO Cortés-Herrera (2006) Nueva localidad para la Quincha de Soatá (*Amazilia castaneiventris*) en el municipio de San Gil, Santander, Colombia. *Boletín Sociedad Antioqueña de Ornitología* 16: 1–6.
- Colwell, RK & JA Coddington (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 345: 101–18.
- Colwell, RK (2013) *EstimateS 9.1.0. Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> [Descargado el 9 de mayo de 2015]
- Cortés-Herrera, JO (2005) *Aspectos ecológicos y de historia natural de Amazilia castaneiventris en Soata (Boyacá)*. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Biología. Proyecto curricular de Licenciatura en Biología. Univ. Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Cortés-Herrera, JO, GA Chaves-Portilla & A Hernández-Jaramillo (2016) *Amazilia castaneiventris*. Pp 223–226 en Renjifo, LM, AM Amaya-Villarreal, J Burbano-Girón & J Velásquez-Tibatá (eds). *Libro rojo de aves de Colombia, Vo-lumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país*. Editorial Pontificia Univ. Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Dirzo, R, HS Young, HA Mooney & G Ceballos (2011) *Seasonally Dry Tropical Forests ecology and conservation*. Island Press, Washington, DC, USA.
- Dunn, JL & J Alderfer (2011) *Field guide to the birds of North America*. 6th ed. National Geographic, Washington, DC, USA.
- Espinal, LS & E Montenegro (1963) *Formaciones vegetales de Colombia: memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Departamento Agrológico, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, DC, Colombia.
- Etter, A & LA Villa (2006) El impacto humano sobre los ecosistemas y regiones colombianas. *Revista Javeriana* 142: 30–33.
- Fajardo-G, F, C Montealegre & M Pardo-P (2015) *ZOCAMATA. Guía de plantas del Cañón del Chicamocha*. Fundación Natura, Bogotá, Colombia.
- Fernández-Méndez, F, JF Bernate-Peña & O Melo (2013) Diversidad arbórea y prioridades de conservación de los bosques secos tropicales del sur del departamento del Tolima en el valle del río magdalena, Colombia. *Actualidades Biológicas* 35: 161–183.
- Fitzpatrick, JW (2004) Family Tyrannidae (tyrant flycatchers). Pp 170–462 en del Hoyo, J, A Elliott & D Christie (eds). *Handbook of the birds of the world. Volume 9: Cotingas to pipits and wagtails*. Lynx Editions, Barcelona, España.
- Franco-Maya, AM & GA Bravo (2005) Áreas importantes para la conservación de las aves en Colombia. Pp 117–281 en Boyle, K & A Estrada (eds). *Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes tropicales; sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Serie de Conservación de BirdLife No. 14. BirdLife Internacional & Conservación Internacional, Quito, Ecuador.
- García, H, G Corzo, P Isaacs & A Etter (2014) Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. Pp 228–251 en Pizano, C & H García (eds). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Gentry, AH (1995) Diversity and floristic composition of Neotropical dry forest. Pp 116–194 en Bullock, S, S Medina & HA Mooney (eds). *Tropical deciduous forest ecosystems*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- González, O & E Málaga (1997) Distribución de aves en el Valle de Majes, Arequipa, Perú. *Ornitología Neotropical* 8: 57–69.
- González Oviedo, L & A Espinosa Baquero (2012) Hallazgo de yacimientos de sales de potasio en Colombia. *Boletín de Geología* 34: 57–65.
- Gómez, JP & S Robinson (2014) Aves del bosque seco tropical de Colombia: las comunidades del valle alto del río Magdalena. Pp 95–128 en Pizano, C & H García (eds) *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Gutiérrez, RIC & FSM Correa (2013) Valoración por medio de opciones reales del proyecto Hidrosogamoso de la compañía ISAGÉN. *Revista Soluciones de Postgrado* 3: 159–174.
- Guzmán, G (2015) The Chicamocha River Canyon. Pp 73–83 en Hermelín, M (ed). *Landscapes and landforms of Colombia*. Springer International Publishing, Cambridge, UK.
- Haffer, J (1961) Notas sobre la avifauna de la península de La Guajira. *Novedades Colombianas* 1: 374–396.
- Haffer, J (1967) Notas zoogeográficas sobre las avifaunas de las regiones no forestadas de Sudamérica noroccidental. *El Hornero* 10: 315–333.
- Hammer, O, DA Harper & PD Ryan (2001) PAST - Palaeontological Statistics, Ver. 3.1. *Palaeontologia electrónica* 4: 1–9.
- Hernández, CJ, C Saravia & M Jaramillo (1963) Aspectos biogeográficos y biológicos. Parte II-B. Pp 49–63 en Molano, C, J (ed). *Conferencia Latinoamericana para el estudio de las zonas áridas*. Informe Nacional, Imprenta Nacional, Bogotá, DC, Colombia.
- Hernández, J, A Hurtado, R Ortiz & T Walschburger (1992) Centros de endemismo en Colombia. Pp 175–190 en Halffter, G. (ed). *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Acta Zoológica Mexicana, Volume Especial 1992. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México.

- Hilty, SL & WL Brown (1986) *A guide to the birds of Colombia*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Hoekstra, JM, TM Boucher, TH Ricketts & C Roberts (2005) Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 8: 23–29.
- Holdridge, LR (1978) *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica.
- Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) (1995) *Exploración ecológica a los fragmentos de bosque seco en el Valle del Río Magdalena (Norte del Departamento del Tolima)*. Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, Villa de Leyva, Colombia.
- Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) (1997) *Caracterización ecológica de cuatro remanentes de bosque seco tropical de la región Caribe colombiana*. Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, IAvH, Villa de Leyva, Bogotá, DC, Colombia.
- Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) (1998) *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt. Programa de Inventario de la Biodiversidad Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA, Bogotá, DC, Colombia.
- Janzen, DH (1988) Management of habitat fragments in a tropical dry forest: growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 105–116.
- Julliard, R, F Jiguet & D Couvet (2004) Common birds facing global changes: what makes a species at risk? *Global Change Biology* 10: 148–154.
- Kevan, PG, CF Greco & S Belaussoff (1997) Lognormality of biodiversity and abundance in diagnosis and measuring of ecosystemic health: pesticide stress on pollinators on blueberry heaths. *Journal of Applied Ecology* 34: 1122–1136.
- López-Lanús, B (2002) *Amazilia castaneiventris*. Pp 254–256 in Renjifo, LM, AM Franco-Maya, JD Amaya-Espinel, GH Kattan & B López-Lanús (eds). *Libro rojo de aves de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.
- López-Lanús, B & CD Cadena (2002) *Thryothorus nicefori*. Pp 375–378 in Renjifo, LM, AM Franco-Maya, JD Amaya-Espinel, GH Kattan & B López-Lanús (eds). *Libro rojo de aves de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, DC, Colombia.
- López de Casenave, J, VR Cueto & L Marone (2008) Seasonal dynamics of guild structure in a bird assemblage of the central Monte desert. *Basic and Applied Ecology* 9: 78–90.
- Losada-Prado, S, AM Carvajal-Lozano & YG Molina-Martínez (2005) Listado de especies de aves de la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). *Biota Colombiana* 6: 101–116.
- Losada-Prado, S & YG Molina-Martínez (2011) Avifauna del Bosque Seco Tropical en el departamento del Tolima (Colombia): análisis de la comunidad. *Caldasia* 33: 271–294.
- Magurran, AE (2007) Species abundance distributions over time. *Ecology Letters* 10: 347–354.
- Magurran, AE & BJ McGill (eds) (2010) *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford Univ. Press, Oxford, UK.
- Marinkelle, CJ (1970) Birds of the serranía de Macuira, Guajira peninsula, Colombia. *Mitteilungen aus dem Instituto Colombo-Alemán de Investigaciones Científicas Punta de Betín* 4: 15–34.
- May, RM (1975) Patterns of species abundance and diversity. Pp 81–120 in Cody, ML & JM Diamond (eds). *Ecology and evolution of communities*. Harvard Univ. Press, Cambridge, UK.
- McCain, CM (2009) Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography* 18: 346–360.
- Miles, L, AC Newton, RS De Fries, C Ravilious, I May, S Blyth, V Kapos & JE Gordon (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491–505.
- Mittelbach, GG (2012) *Community ecology*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Maryland, USA.
- Moreno, CE & G Halffter (2001) Spatial and temporal analysis of the alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* 10: 367–382.
- Murphy, PG & AE Lugo (1986) Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67–88.
- Naranjo, LG, JD Amaya-Espinel, D Eusse-González & Y Cifuentes-Sarmiento (2012) *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Volumen I: Aves*. WWF-Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, DC, Colombia.
- Navarro, AG (1992) Altitudinal distribution of birds in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, México. *Condor* 94: 29–39.
- Ohlson, J, J Fjeldså & PG Ericson (2008) Tyrant flycatchers coming out in the open: phylogeny and ecological radiation of Tyrannidae (Aves, Passeriformes). *Zoologica Scripta* 37: 315–335.
- Olson, D & E Dinerstein (1998) The Global 2000: a representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12: 502–515.
- Pacheco, M, C Centeno, L Téllez, J Vergara, I Mendoza, C Olaciregui, R Borja & LC Gutiérrez (2008) Caracterización de la avifauna en cuatro relictos de bosque seco incluidos como posibles áreas para conservación en el departamento del Atlántico. *Boletín Sociedad Antioqueña de Ornitología* 18: 13–13.
- Parra, JE, N Dávila, LM Beltrán, A Delgadillo, S Valderrama & O Cortes (2006) *Project Chicamocha: The conservation of two Critically Endangered dry forest birds, Niceforo's Wren and Chestnut-bellied Hummingbird*. The BP conservation programme, Bogotá, Colombia.
- Parra, JE, LM Beltrán, A Delgadillo & S Valderrama (2010) *Project Chicamocha II: Saving threatened dry forest biodiversity. Final report. Colombia, 2008–2010*. The BP Conservation Programme, Bogotá, DC, Colombia.
- Pennington T, PL Gwilyn & JA Ratter (2006) An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forest. Pp 1–29 in Pennington, T, PL Gwilyn & JA Ratter (eds). *Neotropical savannas and seasonally dry forests. Plant Diversity, Biogeography and Conservation*. The Systematics Association, Special Volume Series 69, Boca Raton, Florida, USA.
- Pizano, C, M Cabrera & H García (2014) Bosque seco tropical en Colombia: generalidades y contexto. Pp 37–47 in Pizano, C & H García (eds) *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Pizano, C, R González, R López, RD Jurado, H Cuadros, A Castaño-Naranjo, A Rojas, K Pérez, H Vergara-Varela, A Idárraga, P Isaacs & H García (2016) El bosque seco tropical en Colombia: Distribución y estado de conservación. Pp 22 (ficha 202) in Gómez, MF, LA Moreno, GI Andrade & C Rueda (eds). *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Portillo-Quintero, CA & GA Sánchez-Azofeifa (2010) Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143: 144–155.

- Poulin, B, BG Lefebvre & R McNeil (1992) Tropical avian fenology in relation to abundance and exploitation of food resources. *Ecology* 73: 2295–2309.
- Poulin, B, BG Lefebvre & R McNeil (1993) Variations in bird abundance in tropical arid and semi-arid habitats. *Ibis* 135: 432–441.
- Prance, W (2006) Tropical savannas and seasonally dry forests: an introduction. *Journal of Biogeography* 33: 385–386.
- Purificação, KN, L da Silva Castilho, FM Vieira & MC Pascotto (2013) Distribuição da avifauna ao longo de um gradiente altitudinal de pequena escala em área de cerrado, leste do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Ornithologia* 5: 78–91.
- Remsen, JV Jr, JI Areta, CD Cadena, S Claramunt, A Jaramillo, JF Pacheco, J Pérez-Emán, MB Robbins, FG Stiles, DF Stotz & KJ Zimmer (2016) *A classification of the bird species of South America*. American Ornithologists' Union. Consultado en <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm> [Descargado el 22 de noviembre de 2016].
- Renjifo, LM, AM Amaya-Villarreal, J Burbano-Girón & J Velásquez-Tibatá (2016) *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país*. Editorial Pontificia Univ. Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Rodríguez N, D Armenteras, M Morales & M Romero (2004) *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, DC, Colombia.
- Rosa, GLM, LD Anjos & MO Moura (2013) Occupancy of different types of forest habitats by tyrant flycatchers (Passeriformes: Tyrannidae). *Biota Neotropica* 13: 190–197.
- Sáenz, JC, F Villatoro, M Ibrahim, D Fajardo & M Pérez (2007) Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* 45: 37–48.
- Sanabria-Mejía, JS, C Díaz-Jaramillo, M Moreno-Palacios, R Parra-Hernández, K Certuche-Cubillos & D Carantón-Ayala (2007) *Avifauna del bosque seco tropical del municipio de Ibagué*. Memorias Segundo Congreso Colombiano de Ornitología, Centro de Convenciones Alfonso López Pumarejo, Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, DC, Colombia.
- Sánchez, GA, M Quesada, J Calvo, JP Rodríguez, J Nassar, T Garvin, S Herrera-Peraza, RA Schnitzer, K Stoner, D Lawrence, J Gamon, S Bohlman, P Van laake & M Kalacska (2005) Research priorities for tropical secondary dry forests. *Biotropica* 37: 477–485.
- Sánchez-Rojas, G & A Rojas-Martínez (eds) (2007) *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos*. Univ. Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México.
- Stattersfield, AJ, ML Crosby, AJ Long & DC Wege (1998) *Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation*. Bird Life Conservation Series No. 7. Bird Life International, Cambridge, UK.
- Serna, MA (1984) *Avifauna parcial de la Guajira*. Museo de Historia Natural Colegio San José, Medellín, Colombia.
- Stiles, FG & L Rosselli (1998) Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia* 20: 29–43.
- Stotz, DF, JW Fitzpatrick, TE Parker III & DK Moskowitz (1996) *Neotropical birds: ecology and conservation*. Univ. of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Sugihara, G (1980) Minimal community structure: an explanation of species abundance patterns. *The American Naturalist* 116: 770–787.
- Svanbäck, R & DI Bolnick (2007) Intraspecific competition drives increased resource use diversity within a natural population. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 274: 839–844.
- Tamayo-Quintero, J & L Cruz-Bernate (2014) Avifauna en dos parches de bosque seco en el Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 15: 118–125.
- Tamayo-Quintero, J & L Cruz-Bernate (2015) Composición y estructura aviar en dos parches de bosque seco en el valle del Cauca. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 19: 125–146.
- Terborgh, J & JS Weske (1975) The role of competition in the distribution of Andean birds. *Ecology* 56: 562–576.
- Terborgh, J (1985) The vertical component of plant species diversity in temperate and tropical forests. *The American Naturalist* 126: 760–776.
- Toms, JD, J Faaborg & WJ Arendt (2012) Climate change and birds in the forgotten tropics: the importance of tropical dry forests. *Ibis* 154: 632–634.
- Trejo, RI & R Dirzo (2000) Deforestation of seasonally dry tropical forest towards its northern distribution: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133–142.
- Valderrama, S, JE Parra, N Davila & DJ Mennill (2007b) Species differences in the songs of the critically endangered Niceforo's Wren and the related Rufous-and-white Wren. *The Condor* 109: 870–879.
- Valderrama, S, JE Parra & DJ Mennill (2008) Vocal behaviour of the critically endangered Niceforo's Wren *Thryothorus nicefori*. *The Auk* 125: 395–401.
- Valencia, J, L Trujillo & O Vargas (2012) Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana* 13: 40–65.
- Verea, C, A Fernández-Badillo & A Solorzano (2000) Variación en la composición de las comunidades de aves de soto-bosque de dos bosques en el norte de Venezuela. *Ornithologia Neotropical* 11: 65–79.
- Verea, C & A Solórzano (2001) La comunidad de aves del soto-bosque de un bosque deciduo tropical en Venezuela. *Ornithologia Neotropical* 12: 235–253.
- Vilchez, SJ (2004) Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 68: 60–75.
- Whittaker RH & PL Marks (1975) Methods of assessing terrestrial productivity. Pp 55–118 en Lieth, H & RH Whittaker (eds). *Primary productivity of the biosphere*. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Wunderle, JM Jr (1994) *Métodos para contar aves terrestres del Caribe*. General Technical Report SO-100. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana, USA.
- Young, BE, D DeRosier & GV Powell (1998) Diversity and conservation of understory birds in the Tilarán Mountains, Costa Rica. *The Auk*: 998–1016.

