



COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE LAS AVES DE LOS BOSQUES DE QUEÑUA (*POLYLEPIS RUGULOSA*) EN AREQUIPA, SUROESTE DEL PERÚ

S. Mayori Soto-Huairá^{1,2*} · Víctor Gamarra-Toledo¹ · César E. Medina² · Evaristo López^{1,2}

¹Área de Ornitología, Colección Científica del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (MUSA). Av. Alcides Carrión s/n. Arequipa-Perú.

²Sección de Zoología, Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA). Av. Alcides Carrión s/n. Arequipa-Perú.

E-mail: S. Mayori Soto-Huairá · mayori.sotoh94@gmail.com

Resumen · El estudio de la dieta y las relaciones tróficas constituye un aspecto importante en la comprensión de la ecología e historia de vida de muchos organismos y ecosistemas. A lo largo de los Andes, los bosques dominados por el género *Polylepis* (Rosaceae) poseen una alta diversidad de aves especialistas y amenazadas que dependen de ellos, además de una variedad de especies asociadas. Sin embargo, la composición y la variación estacional de la dieta de la mayoría de estas especies son desconocidas. En este estudio, describimos ambos patrones para tres especies de aves especialistas de bosques de *Polylepis*: el picocono gigante (*Conirostrum binghami*), el picocono de los tamarugales (*Conirostrum tamarugense*) y el jilguero de pico grueso (*Spinus crassirostris*), y para otras tres comúnmente asociadas a ellos: la bandurrita de pecho anteado (*Upucerthia validirostris*), el canastero de pecho cremoso (*Asthenes dorbignyi*) y el fringilo de capucha negra (*Phrygilus atriceps*), en el departamento de Arequipa, al suroeste del Perú. Tras analizar el contenido estomacal de estas especies durante la época húmeda y seca de 2017, encontramos que la dieta de las aves especialistas estuvo compuesta principalmente por artrópodos para las especies *C. binghami* y *C. tamarugense*, y por semillas para *S. crassirostris*. Dentro de los artrópodos, los insectos (coleópteros, hemípteros e himenópteros) representaron casi el total de la dieta, mientras que los arácnidos representaron una pequeña proporción. La dieta de las aves asociadas también estuvo compuesta principalmente por artrópodos (insectos, arañas y escorpiones), en el caso de *U. validirostris* y *A. dorbignyi*, mientras que *P. atriceps* consumió principalmente semillas.

Abstract · Diet composition of birds in high Andean Queñua (*Polylepis rugulosa*) forests in Arequipa, southern Peru.

The study of diet and trophic relationships is an important aspect in understanding the ecology and life history of many organisms and ecosystems. Along the Andes, forests dominated by the genus *Polylepis* (Rosaceae), have a high diversity of specialist and threatened birds depending on them, as well as a variety of associated species. However, the composition and seasonal variation in the diet of most of these species are unknown. In this study, we described both patterns for three specialist bird species in *Polylepis* forests: the Giant Conebill (*Conirostrum binghami*), the Tamarugo Conebill (*C. tamarugense*) and the Thick-billed Siskin (*Spinus crassirostris*), as well as for three others commonly associated with them: the Buff-breasted Earthcreeper (*Upucerthia validirostris*), the Creamy-breasted Canastero (*Asthenes dorbignyi*), and the Black-hooded Sierra-Finch (*Phrygilus atriceps*), in the department of Arequipa, southwestern Peru. After analyzing the stomach content of these species during the humid and dry seasons of 2017, we found that the diet of the specialist birds was composed mainly of arthropods for *C. binghami* and *C. tamarugense*, and seeds for *S. crassirostris*. Within the arthropods, insects (Coleoptera, Hemiptera and Hymenoptera) represented almost the entire diet, while arachnids represented only a small portion. The diet of the associated birds was also composed mainly of arthropods (insects, spiders and scorpions), in the case of *U. validirostris* and *A. dorbignyi*, while *P. atriceps* consumed mainly seeds.

Key words: Andes · Bird · Specialists · Associated species

INTRODUCCIÓN

La dieta y las relaciones tróficas interespecíficas son factores importantes en la ecología de las aves, ya que constituyen aspectos básicos de sus historias de vida (Casaux et al. 2010, Maguiña et al. 2012, Ibarra et al. 2018). A partir del estudio de la dieta y de las relaciones tróficas pueden relacionarse los aspectos biológicos y fisiológicos de las especies con su hábitat y comportamiento, con los procesos de búsqueda y captura de presas y se pueden establecer relaciones bióticas como depredación y competencia (Krebs 1985, Marti et al. 1993, Jaramillo 2009). Además, el estudio de la dieta en aves es fundamental para: i) comprender el nivel de especialización a través de la amplitud de nicho, ii) conocer las estrategias de alimentación, disponibilidad y uso de un recurso, iii) conocer la variación estacional en la composición de la dieta y iv) conocer los requerimientos individuales que permiten un mejor entendimiento de las relaciones entre las aves y su hábitat (Bellocq 2000, Karnovsky et al. 2008, Gallina 2011, Kupriyanov 2013).

Receipt 22 January 2019 · First decision 25 March 2019 · Acceptance 13 November 2019 · Online publication TBA

Communicated by Juan Pablo Isacch © Neotropical Ornithological Society

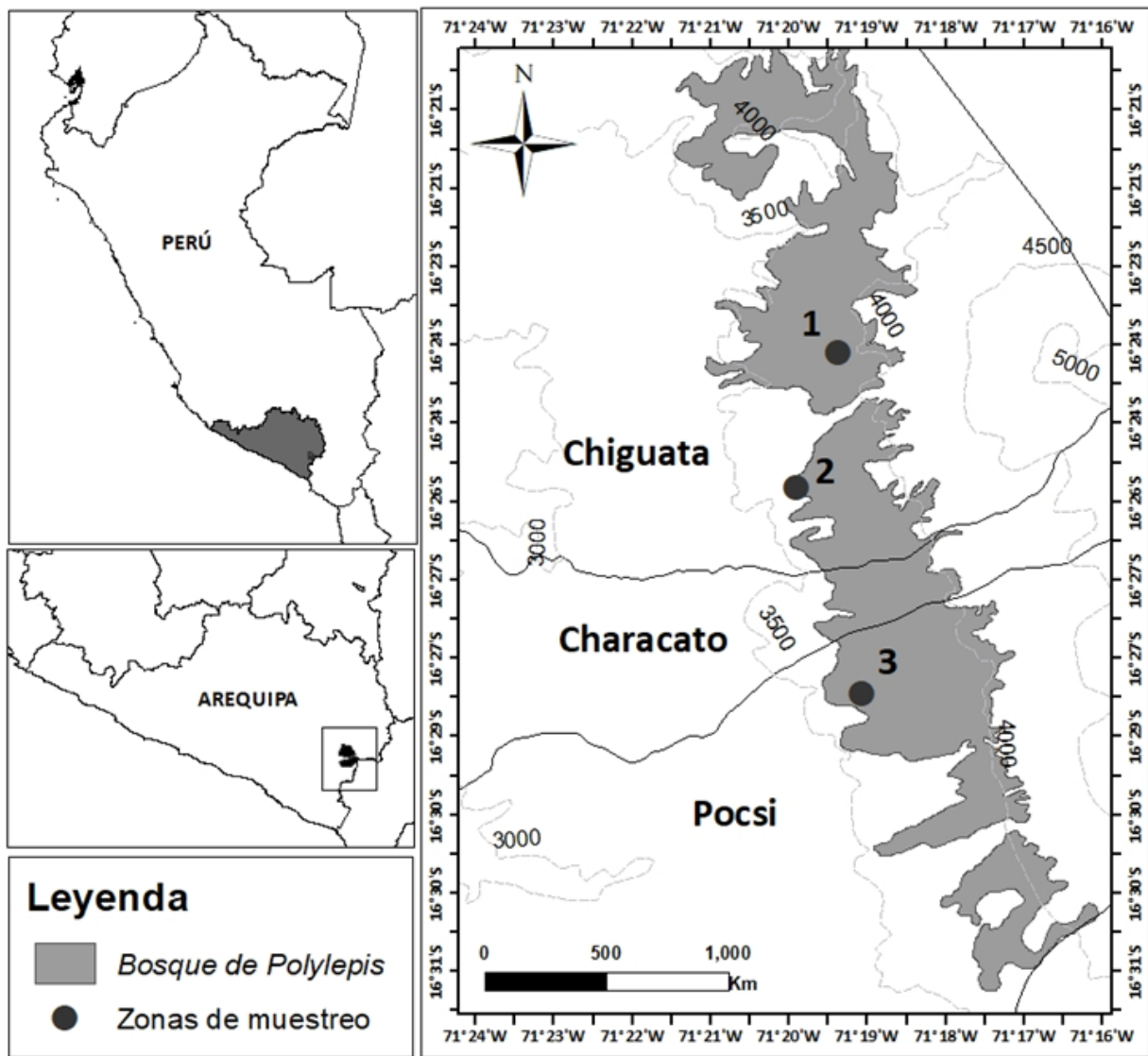


Figura 1. Ubicación de las zonas de muestreo evaluadas durante el estudio en el departamento de Arequipa, Perú: 1, Simbral; 2, Cacayaco; y 3, Tuctumpaya.

Los bosques de *Polylepis* se distribuyen desde Venezuela hasta Argentina y Chile y son uno de los ecosistemas más amenazados de los altos Andes (Fjeldsá & Kessler 1996, Servat et al. 2002, Kessler 2006, Cofre 2007). Presentan una distribución irregular, con pequeños parches aislados como consecuencia de factores tanto naturales (e.g., precipitación), como antrópicos (e.g. quema, tala, sobrepastoreo y cambio climático, Cingolani et al. 2008, Argibay & Renison 2018, Renison et al. 2018). Estos factores provocan bajas tasas de regeneración natural de *Polylepis* y cambios en la estructura y composición de las especies presentes en los bosques (Lanza et al. 2018, Valencia et al. 2018, Segovia-Salcedo et al. 2018). Los bosques de *Polylepis* son considerados unos de los centros de mayor diversidad y endemismo de flora y fauna en el Neotrópico (Fjeldsá & Kessler 1996, Sevillano-Ríos et al. 2018).

Dentro de la comunidad de aves presentes en estos bosques se encuentran dos grupos separados por sus afinidades de hábitat: las especies especialistas y las especies asociadas (Fjeldsá 1993, Sevillano-Ríos et al. 2018). Lo poco que se conoce sobre las aves especialistas es que presentan rangos de distribución restringidos a los bosques de *Polylepis*, tamaños poblacionales reducidos y que son de preocupación para la

conservación (Sevillano-Ríos et al. 2018) Por otra parte, las especies asociadas cuentan con amplios rangos de distribución y con diversos requerimientos ecológicos (Fjeldsá & Kessler 1996).

La alta diversidad de los bosques de *Polylepis*, su nivel de amenaza dada por cambios ambientales y antrópicos (Valencia et al. 2018) y el gran desconocimiento que existe sobre el funcionamiento ecológico y la biología de muchas de sus especies generan la necesidad de realizar estudios para mejorar el entendimiento de este ecosistema. Es por esto que los objetivos del presente estudio fueron: i) analizar la composición de la dieta de las aves especialistas y asociadas y ii) evaluar la variación estacional en la composición de la dieta de tres especies especialistas (el picocono gigante, *Conirostrum binghami*, el picocono de los tamarugales, *Conirostrum tamarugense*, y el jilguero de pico grueso, *Spinus crassirostris*) y de tres especies asociadas (la bandurrita de pecho anteado, *Upucertheria validirostris*, el canastero de pecho cremoso, *Asthenes dorbignyi*, y el fringilo de capucha negra, *Phrygilus atriceps*) en los bosques de *Polylepis rugulosa* de Arequipa, al sudoeste del Perú.

MÉTODOS

Tabla 1. Frecuencia de ocurrencia de los ítems presa de las aves especialistas presentes en los bosques de *Polylepis rugulosa* en el área de estudio, departamento de Arequipa, Perú. Donde CE = número de contenidos estomacales analizados, n= número de presas, FO = frecuencia de ocurrencia, NI = no identificado.

Ítems presa		<i>Conirostrum binghami</i>		<i>Conirostrum tamarugense</i>		<i>Spinus crassirostris</i>	
		(CE = 12)		(CE = 12)		(CE = 14)	
		n	FO (%)	n	FO (%)	n	FO (%)
Araneae	Anyphaenidae	1	1,30	-	-	-	-
Coleoptera	Carabidae	-	-	1	2,56	-	-
	Curculionidae	68	88,31	1	2,56	-	-
Hemiptera	Coleóptero NI	3	3,90	-	-	-	-
	Lygaeidae	-	-	25	64,10	-	-
	Psyllidae	-	-	1	2,56	-	-
Hymenoptera	Chalcidoidea	-	-	1	2,56	-	-
	Halictidae	3	3,90	4	10,26	-	-
	Ichneumonidae	-	-	3	7,69	-	-
	Himenóptero NI	1	1,30	3	7,69	-	-
Semillas	Brassicaceae	-	-	-	-	200	17,62
	Rosaceae	-	-	-	-	5	0,44
	Semilla NI 1	-	-	-	-	350	30,84
	Semilla NI 2	-	-	-	-	500	44,05
Material vegetal	1	1,30	-	-	80	7,05	

Área de estudio. El estudio se realizó en el departamento de Arequipa (Perú), en la ladera occidental del Volcán Pichupichu (16°25'S, 71°14'W), a 31 km al sureste de la ciudad de Arequipa y a una elevación entre los 3500 y 4100 m s.n.m. Este es un lugar donde predominan árboles de queñua (*Polylepis rugulosa* Bitter, 1911), especie que se encuentra restringida a la puna seca del sur del Perú, que posee temperaturas medias anuales entre los 3 y 8° C (Mendoza et al. 2010). La vegetación herbácea y arbustiva asociada incluye *Nordenstamia longistyla*, *Adesmia verrucosa*, *Baccharis tricuneata Chuquiraga rotundifolia*, *Parastrephia quadrangularis*, *Senecio nutans*, *Bromus catharticus* y *Eragrostis nigricans*. Los bordes del bosque son diferenciados, encontrándose principalmente adyacentes a matorral pajonal y, en zonas más bajas, a campos de cultivo. Dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca se muestrearon tres zonas ubicadas en los distritos de Chiguata (Anexo de Cacayaco y Simbral) y Pocsi (Anexo de Tucumpaya, Mendoza et al. 2010; Figura 1).

Análisis de la dieta. Los muestreos en campo se realizaron durante la época húmeda (abril y mayo) y la época seca (agosto y septiembre) del 2017. Las especies seleccionadas para este estudio fueron clasificadas como especialistas o asociadas tomando en cuenta lo descrito por Fjeldså (1993), Fjeldså y Kessler (1996) y Sevillano-Ríos et al. (2018). Las especies fueron capturadas utilizando redes de niebla, que estuvieron activas en las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde. Las aves fueron sacrificadas mediante el método de compresión cardíaca rápida CCR (Engilis et al. 2018, permiso de colecta RDG-007-2017-SERFOR-DGGSPFFS y RDG 265-2017-SERFOR-DGGSPFFS). La determinación de la composición de la dieta de las diferentes especies se realizó a partir del análisis de contenidos estomacales en laboratorio, donde fueron llevados los individuos para realizar la extracción estomacal (Fierro-Calderón et al. 2006, Parra et al. 2009, Menacho et al. 2018). Las muestras de contenidos estomacales fueron preservadas en alcohol al 70% (Parra et al. 2009) y analizadas con ayuda de un estereoscopio. Se separó cada ítem para ser cuantificado, fotografiado e identificado. Los individuos colectados fueron depositados como pieles de estudio en la Colección Científica del Área de Ornitología del Museo de Historia Natural de Arequipa

(MUSA).

Los ítems presa fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible. En el caso de los artrópodos, se utilizaron estructuras anatómicas (pares de patas, mandíbulas, tenazas, alas y antenas; Llanqui 2014) para cuantificar la abundancia de cada ítem en la dieta. Las estructuras anatómicas fueron identificadas con ayuda de claves taxonómicas y literatura especializada (Borrór et al. 1989, Goulet & Huber 1993, Fernández 2003, Moret 2005, Michener 2007). Las semillas fueron identificadas por comparación con el material depositado en el Laboratorio de Diversidad Vegetal de la Universidad Federico Villareal de Lima.

Una vez identificados los ítems presa, se calculó la frecuencia de ocurrencia (FO; Medina et al. 2009) con la siguiente fórmula: $FO = n/N \times 100$, donde n es el número de individuos de cada ítem presa y N es el número total de ítems presa. La amplitud del nicho trófico se calculó mediante el índice estandarizado de Levins (BA; Hurlbert 1978): $BA = (B-1) / (n-1)$, donde B es el índice de amplitud de nicho de Levins ($B = 1 / \sum pi^2$); para esta fórmula, pi corresponde a la abundancia relativa de los ítems presa que componen la dieta de la especie i. De esta manera, un valor del índice estandarizado de Levins (BA) igual a 0 corresponde a una dieta altamente especializada, mientras que BA = 1 corresponde a una dieta altamente generalista. Los valores por debajo de 0.6 fueron considerados como una dieta especialista, de acuerdo con Román-Palacios & Román-Valencia (2015). La diversidad trófica de los ítems se determinó mediante el índice de Simpson (Krebs 1989): $1-D = 1 - \sum (pi^2)$, donde pi equivale a la proporción de los ítems presa que componen la dieta de la especie i. Los valores del índice de Simpson se encuentran desde 0 (baja diversidad) hasta un máximo de $[1 - 1/S]$, donde S es el número total de ítem presa. Finalmente, se halló la similitud mediante el índice de Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957), con el fin de reconocer las diferencias de los ítems presa entre ambas épocas de estudio, tanto para especies especialistas como asociadas. El índice de Bray-Curtis se calculó utilizando el programa PAST 3.26 (Hammer et al. 2001).

RESULTADOS

Con un esfuerzo total de muestreo de 192 horas/red, se cap-

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de los ítems presa de las aves asociadas presentes en los bosques de *Polylepis rugulosa* en el área de estudio, departamento de Arequipa, Perú. CE = Contenidos estomacales analizados n= número de presas, FO = frecuencia de ocurrencia, NI = no identificado.

Ítems presa		<i>Upucerthia validirostris</i> (CE = 10)		<i>Asthenes dorbignyi</i> (CE = 37)		<i>Phrygilus atriceps</i> (CE = 30)	
		n	FO (%)	n	FO (%)	N	FO (%)
Araneae	Anyphaenidae	-	-	3	1,63	-	-
Scorpionida	Bothriuridae	9	20,45	2	1,09	-	-
Solifugae	Ammotrechidae	-	-	1	0,54	-	-
	Bostrichidae	-	-	1	0,54	-	-
Coleoptera	Carabidae	6	13,64	7	3,80	-	-
	Coccinellidae	-	-	3	1,63	-	-
	Curculionidae	7	15,91	46	25,00	-	-
	Scarabaeidae	2	4,55	6	3,26	-	-
	Tenebrionidae	6	13,64	2	1,09	-	-
Coleóptero NI	Coleóptero NI	4	9,09	12	6,52	-	-
	Aphididae	-	-	-	-	13	0,83
Diptera	Sciaridae	-	-	3	1,63	1	0,06
	Díptero NI 1	-	-	3	1,63	-	-
	Díptero NI 2	-	-	1	0,54	-	-
Hemiptera	Lygaeidae	-	-	19	10,33	-	-
	Psyllidae	-	-	-	-	1	0,06
Hymenoptera	Braconidae	-	-	1	0,54	-	-
	Halictidae	-	-	17	9,24	-	-
	Ichneumonidae	-	-	3	1,63	-	-
Lepidoptera	Formicidae NI	-	-	2	1,09	-	-
	Himenóptero NI	1	2,27	3	1,63	-	-
Semilla	Lepidóptero NI	-	-	3	1,63	-	-
	Larva	9	20,45	19	10,33	1	0,06
	Boraginaceae	-	-	-	-	64	4,08
	Cactaceae	-	-	-	-	9	0,57
	Chenopodiaceae	-	-	-	-	859	54,75
	Fabaceae	-	-	23	12,50	54	3,44
	Poaceae	-	-	-	-	5	0,32
Material vegetal	Semilla NI 3	-	-	-	-	7	0,45
	Semilla NI 4	-	-	-	-	85	5,42
	Semilla NI 5	-	-	-	-	14	0,89
	Semilla NI 6	-	-	-	-	200	12,75
Otros	-	-	4	2,17	-	-	

turaron 38 individuos de aves especialistas de los bosques de *Polylepis rugulosa* (12 de *C. binghami*, 12 de *C. tamarugense* y 14 de *Spinus crassirostris*) y 77 individuos de aves asociadas (10 de *U. validirostris*, 37 de *A. dorbignyi* y 30 de *P. atriceps*). Se identificaron cuatro tipos de ítem presa: insectos, arácnidos, semillas y material vegetal; Tabla 1).

Composición de la dieta de aves especialistas. Dos especies (*C. binghami* y *C. tamarugense*) consumieron principalmente artrópodos, entre los cuales los coleópteros, hemípteros e himenópteros fueron las presas más consumidas. También consumieron arácnidos, pero en menor frecuencia. Por su parte, *S. crassirostris* consumió exclusivamente semillas y material vegetal (Tabla 1).

La dieta de *C. binghami* estuvo compuesta principalmente por insectos (97,4%). En época húmeda consumió solamente coleópteros (de la familia Curculionidae en su mayoría), mientras que en la época seca consumió también himenópteros y otros artrópodos, como arácnidos (1,3%). En época seca, también se encontraron pequeñas láminas de corteza de *Polylepis rugulosa* en su estómago.

La dieta de *C. tamarugense* fue exclusivamente insectívora (100%). En época húmeda se encontraron hemípteros (principalmente de familia Lygaeidae) e himenópteros. Adicionalmente, en época seca consumió coleópteros.

La dieta de *S. crassirostris* se compuso, en su mayoría, de semillas (92,9%), algunas de ellas pertenecientes a dos familias no determinadas, a la familia Rosaceae (*Polylepis rugulosa*, en época húmeda) y Brassicaceae (época seca). También se alimentó de material vegetal no determinado (7,1%).

Composición de la dieta de aves asociadas. En el caso de *U. validirostris* y *A. dorbignyi*, su dieta estuvo compuesta principalmente por artrópodos, mientras que para *P. atriceps* se encontraron por semillas y material vegetal (Tabla 2).

U. validirostris se alimentó principalmente de insectos (79,5%) y arácnidos (20,5%). En la época húmeda se encontraron coleópteros, larvas de insectos no identificados y escorpiones de la familia Bothriuridae en su contenido estomacal. En la época seca, además, consumió himenópteros.

A. dorbignyi consumió principalmente insectos (82,7%), semillas (12,5%) y arácnidos (3,2%). En la época húmeda se encontraron coleópteros (principalmente de la familia Curculionidae), himenópteros, dípteros, larvas de insectos (familias no determinadas) y escorpiones (familia Bothriuridae) en su estómago. En la época seca se encontraron además hemípteros (familia Lygaeidae), lepidópteros, arácnidos solífugos (familia Ammotrechidae) y arañas propiamente dichas. También se encontraron semillas de la familia Fabaceae y, además de los ítems presa mencionados previamente, se encontraron tres conchas de caracol y un hueso que posiblemente corresponda a *Liolaemus etheridgei*.

La dieta de *P. atriceps*, estuvo compuesta en su mayoría por semillas (82,7%), material vegetal no determinado (16,3%) e insectos (1,0%). En la época húmeda consumió semillas de las familias Chenopodiaceae, Boraginaceae, Poaceae y una familia no identificada y, en menor proporción, insectos dípteros y hemípteros. En la época seca se encontraron también en su contenido estomacal semillas de las familias Fabaceae, Cactaceae, tres familias no identificadas y dípteros.

Tabla 3. Valores de amplitud de nicho (BA) y diversidad trófica (1-D) general y el índice de Bray-Curtis (similitud entre estaciones). N = Número de contenidos estomacales, BA = Índice de Levins estandarizado, 1-D = Índice de Simpson.

		N	B _A	1-D	Bray-Curtis
ESPECIALISTA	<i>Conirostrum binghami</i>	12	0,061	0,196	0,733
	<i>Conirostrum tamarugense</i>	12	0,185	0,564	0,795
	<i>Spinus crassirostris</i>	14	0,519	0,675	0,965
	<i>Upucerthia validirostris</i>	10	0,767	0,843	0,591
ASOCIADA	<i>Asthenes dorbignyi</i>	37	0,327	0,883	0,744
	<i>Phrygilus atriceps</i>	30	0,144	0,651	0,852

Amplitud de nicho, diversidad trófica y similitud de ítems.

Los valores generales de amplitud de nicho (BA) indicaron una dieta especializada tanto para aves especialistas como asociadas. La excepción fue *U. validirostris* –especie asociada–, que tuvo una dieta generalista (Tabla 3). Sin embargo, estos valores de amplitud variaron según la estacionalidad: entre las aves especialistas, solo *C. binghami* (BA = 0,069) y *S. crassirostris* (BA = 0,072) tuvieron una dieta más especialista durante la época húmeda, mientras que en la época seca las tres especies tuvieron una dieta más especializada. En el caso de las aves asociadas, *U. validirostris* mostró una dieta más generalista que *A. dorbignyi* y *P. atriceps* en ambas épocas.

Respecto a la diversidad trófica, aves especialistas como *C. tamarugense* y *S. crassirostris* presentaron una mayor diversidad de ítems presa (1-D = 0,564 y 0,675, respectivamente) en comparación con *C. binghami* (1-D = 0,196). Dentro de las aves asociadas, *A. dorbignyi* presentó la mayor diversidad de ítems presa (1-D = 0,883), seguido de *U. validirostris* (1-D = 0,843) y *P. atriceps* (1-D = 0,675; Tabla 3). Los valores de diversidad trófica variaron según la estacionalidad: dentro de las aves especialistas, *C. tamarugense* tuvo una mayor diversidad de ítems presa en época húmeda, *C. binghami* presentó mayor diversidad en época seca y *S. crassirostris* presentó valores bajos de diversidad en ambas épocas. Para las aves asociadas, las tres especies tuvieron valores altos (0,678 – 0,874) de diversidad trófica en ambas épocas. Por último, tanto para las especies especialistas como para las asociadas, los porcentajes de similitud de ítems presa que consumieron en época húmeda y seca fueron en su mayoría altos (Tabla 3). La especie con una menor similitud entre ítems presa fue *U. validirostris* con un valor correspondiente a 59,1%.

DISCUSIÓN

En primer lugar, en este trabajo se observó que en las épocas seca y húmeda uno de los principales ítems presa de *C. binghami* fueron los coleópteros de la familia Curculionidae, hecho que concuerda parcialmente con los resultados de Rossi et al. (2018), quienes afirman que esta familia fue la más representativa durante la época húmeda en los bosques de *Polylepis* del centro del Perú. Asimismo, la composición de la dieta de esta ave concuerda con su estrategia de alimentación, dado que la adaptación de sus picos permite separar las láminas de la corteza, extrayendo con mayor facilidad los artrópodos presentes (Fjeldså & Kessler 1996). En este estudio, encontramos pequeñas láminas de corteza dentro de uno de los estómagos analizados, que pudieron ser ingeridas accidentalmente al momento de capturar los insectos.

El conocimiento sobre la dieta de *C. tamarugense* en los bosques de *Polylepis* es bastante escaso. En los tamarugales (*Prosopis tamarugo*) de Tarapacá (Chile), López-Calleja & Estades (1996) han indicado que la dieta de *C. tamarugense*

en octubre y noviembre está compuesta principalmente por larvas de lepidópteros, pero también de carábidos, formicidos y microhimenópteros. En el presente estudio encontramos que, durante las dos épocas estudiadas, *C. tamarugense* se alimentó principalmente de hemípteros (familia Lygaeidae) e himenópteros y que, llegada la época seca, aumentó el consumo de coleópteros. A pesar de ser una especie de hábitos especializados, los cambios en su dieta sugieren un cierto nivel de oportunismo en la selección de diferentes grupos de artrópodos.

La dieta de *S. crassirostris* estuvo compuesta mayormente por semillas, pero las semillas de *Polylepis rugulosa* fueron consumidas en menor frecuencia. El escaso consumo de las semillas de queñua puede deberse a que la mayor cantidad de semillas maduras se encuentra a comienzos de la época húmeda (diciembre–enero; Kessler 2006) y la toma de muestras se realizó entre abril y mayo. En la época seca, esta especie consumió semillas presentes en áreas abiertas (zonas de cultivo) circundantes al bosque, lo que concuerda con lo reportado por Fjeldså (1993): *S. crassirostris* usa los bosques de *Polylepis* durante la época reproductiva (época húmeda, generalmente) para alimentarse de las yemas, frutos y semillas de esta planta, y luego se desplaza hacia zonas de más baja altitud, quedando prácticamente ausente en estos bosques (Fjeldså 1993, Fjeldså & Kessler 1996, Fjeldså & Krabbe 1990).

Por otra parte, *U. validirostris*, una de las aves asociadas, presenta hábitos terrestres (Fjeldså & Krabbe 1990, Schulenberg et al. 2010) y uno de los picos más especializados dentro de los furnáridos. Su pico curvo, largo y delgado le ayuda a remover la hojarasca y excavar los sustratos, facilitando el consumo de artrópodos terrestres (del Hoyo et al. 2003). De acuerdo con nuestros resultados, *U. validirostris* basó su dieta en artrópodos terrestres, como coleópteros e himenópteros, escorpiones y larvas de insectos, concordando con lo descrito por del Hoyo et al. (2003).

Otra especie asociada que también tiene la facilidad de capturar artrópodos terrestres gracias a la forma de su pico largo y delgado hacia la punta es *A. dorbignyi*. Nuestros resultados indican que, en los bosques de *Polylepis* del sur peruano, *A. dorbignyi* consume principalmente insectos, arañas y escorpiones. También registramos semillas de fabáceas, aunque sólo en cuatro individuos. Ocasionalmente se han reportado semillas como parte de la dieta en canasteros (del Hoyo et al. 2003); sin embargo, aún se desconoce el motivo de su consumo, que puede ser accidental (el color brillante puede confundirse con un insecto) o por un aporte energético. Por otro lado, el hallazgo de un hueso, que posiblemente pertenezca a *Liolaemus etheridgei* (única especie reportada en los bosques, Llanqui 2014), sería el primer registro de depredación de reptiles por parte de un sinalaxino.

Adicionalmente, *P. atriceps* se alimentó principalmente de semillas de diferentes familias distribuidas dentro del bosque y en áreas abiertas circundantes y, en menor medi-

da, de insectos dípteros e himenópteros, concordando con estudios previos (del Hoyo et al. 2011).

La dieta de aves especialistas y aves asociadas en los bosques de *Polylepis rugulosa* no presentó variación estacional; al parecer, estas aves presentaron cierto oportunismo, ya que las especies variaron (aumentaron o cambiaron) en su dieta entre 3 y 15 ítems presa entre épocas. Esta variación podría deberse a las fluctuaciones de las poblaciones de artrópodos (Naranjo & Chacón 1997). No obstante, cabe resaltar que el bajo número de muestras analizadas no permite que los resultados obtenidos sean concluyentes, pero nos aproximan a conocer sobre la dieta de las especies presentes en los bosques de *Polylepis*.

Finalmente, la información acerca de la dieta o ecología trófica en el Neotrópico aún parece ser insuficiente si consideramos la información cuantitativa y cualitativa que se tiene en los diferentes ecosistemas y la gran diversidad de aves que existen en nuestra región (Fierro-Calderón et al. 2006). En Perú, el conocimiento que se tiene sobre las aves de los bosques de *Polylepis* ha estado enfocado en aspectos sobre la ecología, conservación, distribución y patrones de diversidad (Fjeldsá 1993, Kessler 2006, Lloyd 2008, Mendoza & Cano 2011, Castro & Flores 2015, Servat et al. 2002, Sevillano-Ríos & Rodewald 2017, Sevillano-Ríos et al. 2018). Sin embargo, solo Lloyd (2008) analiza específicamente la dieta de las aves de estos bosques en la Cordillera Vilcanota (Cusco, Perú); este estudio describe la dieta de las aves en uno de los ecosistemas más amenazados de los Andes (Fjeldsá & Kessler 1996, Servat et al. 2002, Cofre 2007, Sevillano-Ríos et al. 2018), representando el primer aporte sobre la ecología trófica de la avifauna que se encuentra en la vertiente occidental de los Andes del sureste del Perú.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA) y al programa de becas de UNSA INVESTIGA por financiar este proyecto de investigación (Contrato N° 0203-2016-UNSA). Al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre por la autorización de la investigación (RDG-007-2017-SERFOR-DGGSPFFS y RDG 265-2017-SERFOR-DGGSPFFS). A los miembros del Área de Entomología y del Área de Ornitología del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional de San Agustín (MUSA) y al Laboratorio de Diversidad Vegetal de la Universidad Federico Villareal por el uso de sus instalaciones, por su colaboración y por sus sugerencias durante la realización de esta investigación. A R. R. Mena, Y. S. Velázquez, J. S. Barreto, R. F. Montes y A. G. Chicata por la colaboración durante el trabajo de campo y gabinete. A O. M. Quispe y M. Delgado por la ayuda con la identificación entomológica y a R. S. Yllaconza con la identificación de semillas. A C. Sevillano, F. Carrasco, M. Plengue y S. Claramunt por la revisión del manuscrito y sus sugerencias.

REFERENCIAS

- Argibay, DS, & D Renison (2018) Efecto del fuego y la ganadería en bosques de *Polylepis australis* (Rosaceae) a lo largo de un gradiente altitudinal en las montañas del centro de la Argentina. *Bosque* 39: 145–150.
- Bellocq, MI (2000) A review of the trophic ecology of the Barn Owl in Argentina. *Journal of Raptor Research* 34: 108–119.
- Borrer, DJ, CA Triplehorn & NF Johnson (1989) *An introduction to the study of insects*. Sixth edition. Saunders College Publishing, Philadelphia, EEUU.
- Casaux, R, ML Bertolin, MA Tartara, P Alarcón & G Porro (2010) The unexpected diet of breeding imperial shags (*Phalacrocorax atriceps*) at the Nahuel Huapi Lake, Patagonia: Implications on population trends? *Ornitología Neotropical* 21: 457–462.
- Castro, A & M Flores (2015) Caracterización de un bosque de Queñual (*Polylepis spp.*) ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi (Ancash, Perú). *Ecología aplicada* 14: 1–9.
- Cingolani, AM, I Noy-Meir, DD Renison & M Cabido (2008) La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral* 18: 253–271.
- Cofre, HL (2007) Avifauna asociada a los bosques de Queñola (*Polylepis spp.*) del norte de Chile. *Boletín Chileno de Ornitología* 13: 56–60.
- del Hoyo J, AY Elliott & D Christie (2003) *Handbook of the birds of the world. Volume 8. Broadbills to tapaculos*. Lynx Edicions, Barcelona. 846 pp. ISBN 84-87334- 50-4.
- del Hoyo J, AY Elliott & D Christie (2011) *Handbook of the birds of the world. Volume 16. Tanagers to New World Blackbirds*. Lynx Edicions, Barcelona. 894 pp. ISBN 978-84-96553-78-1.
- Engilis A, IE Engilis & J Paul-Murphy (2018) Rapid cardiac compression: An effective method of avian euthanasia. *The Condor* 120: 617–621.
- Fernández, F (2003) *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt, Bogotá, Colombia.
- Fierro-Calderón, K, FA Estela & P Chacón-Ulloa (2006) Observaciones sobre la dieta de algunas aves de la cordillera Oriental de Colombia a partir de análisis de contenidos estomacales. *Ornitología Colombiana* 4: 6–15.
- Fjeldsá, J (1993) The avifauna of the *Polylepis* woodlands of the Andean highlands: the efficiency of basing conservation priorities on patterns of endemism. *Bird Conservation International* 3: 37–55.
- Fjeldsá, J & M Kessler (1996) *Conserving the biological diversity of Polylepis woodlands of the highland of Peru and Bolivia. A contribution to sustainable natural resource management in the Andes*. NORDECO. Copenhagen, Denmark.
- Fjeldsá, J & N Krabbe (1990) *Birds of the high Andes*. Zoological Museum, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark.
- Gallina, S (2011) Técnicas para conocer la dieta. Pp – en Editores (eds). *Fauna silvestre de México: uso, manejo y legislación*. Instituto Nacional de Ecología y Conservación. México.
- Goulet, H & JF Huber (1993) *Hymenoptera of the world: an identification guide to families*. Research Branch, Agricultural Canada Publication. Canada Communication Group-Publishing, Ottawa, Canada.
- Hammer, Ř, DAT Harper & PD Ryan (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontología Electrónica* 4: 1–9. Available at http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.html
- Ibarra, C, C Marinao, N Suárez & P Yorio (2018) Differences between colonies and chick-rearing stages in Imperial Cormorant (*Phalacrocorax atriceps*) diet composition: implications for trophic studies and monitoring. *The Wilson Journal of Ornithology* 130: 224–234.
- Jaramillo, A (2009) *Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa Cullera. Relaciones con la acumulación de metales pesados*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Karnovsky, NJ, KA Hobson, Iverson, GL Jr Hunt (2008) Seasonal changes in diets of seabirds in the North Water Polynya: a multiple-indicator approach. *Marine Ecology Progress Series* 357: 291–299.
- Kessler, M (2006) Bosques de *Polylepis*. Pp 110–120 en Moraes M, B Øllgaard, LP Kvist, F Borchsenius & H Balslev (eds). *Botánica económica de los Andes centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

- Kessler, M & AN Schmidt-Lebuhn (2005) Taxonomical and distributional notes on *Polylepis* (Rosaceae). *Organisms Diversity & Evolution* 13: 1–10.
- Krebs, CJ (1985) *Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia*. Segunda Edición. Editorial Harla, México.
- Krebs CJ (1989). *Ecological Methodology*. Harper and Row Publ. New York. 654 pp.
- Kupriyanov, VMS (2013) *Análise de conteúdo estomacal de aves Furnariida (Passeriformes)*. Tese de Mestrado. Universidade de Sao Paulo, Brasil.
- Lanza, MG, MP Chartier & PI Marcora (2018) Relación clima-crecimiento radial de *Polylepis australis* en un gradiente altitudinal en las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 28: 278–290.
- Llanqui, I (2014) *Utilización de recursos por Liolaemus etheridgei Laurent 1998, (Iguania: Liolaemidae) en dos bosques de Queñua (Polylepis rugulosa Bitter 1911) de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca, Perú*. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.
- Lloyd, H (2008) Foraging ecology of high Andean insectivorous birds in remnant *Polylepis* forest patches. *Wilson Journal of Ornithology* 120: 531–544.
- López-Calleja, MV & CF Estades (1996) Natural history of the Tamarugo conebill (*Conirostrum tamarugense*) during the breeding period: diet and habitat preferences. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 351–356.
- Maguiña, R, J Amanzo & L Huamán (2012) Dieta de murciélagos filostómidos del valle de Kosñipata, San Pedro, Cusco- Perú. *Revista peruana de Biología* 19: 159–166.
- Marti, C, E Korpimäki & F Jaksic (1993) Trophic ecology of raptor communities: a three-continent comparison and synthesis. *Current Ornithology* 10: 47–137.
- Medina, CE, CV Díaz, FA Delgado, GA Ynga & HF Zela (2009) Dieta de *Conepatus chinga* (Carnívora: Mephitidae) en un bosque de *Polylepis* del departamento de Arequipa, Perú. *Revista peruana de Biología* 16: 183–186.
- Menacho, K, L Salinas & C Arana (2018) Solapamiento de la dieta de *Passer domesticus* y *Zonotrichia capensis* en un agroecosistema de la costa central del Perú. *Revista peruana de Biología* 25: 111–116.
- Mendoza, W & A Cano (2011) Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista peruana de Biología* 18: 197–200.
- Mendoza, W, A Cano & R Vento (2010) Bosques de *Polylepis* de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Arequipa y Moquegua, Perú. Pp 167–173 en Zeballos, H, J. A. Ochoa & E. López. (eds). *Biodiversidad de la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca*. DESCO, PROFONANPE, SERNANP.
- Michener, CD (2007) *The bees of the world*. Second edition. Entomology Division, University of Kansas Natural History Museum and Biodiversity Research Center and Entomology Program, Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Kansas.
- Moret, P (2005) *Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador*. Monografía. Museo de Historia Zoológica. Pontificia universidad Católica del Ecuador.
- Naranjo, LG & P Chacón (1997) Diversidad de insectos y aves insectívoras de sotobosque en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical. *Caldasia* 19: 507–520.
- Parra, RM, S Losada, J Murillo & MA Carvajal (2009) Dieta alimenticia de algunas aves de la cuenca del Río Prado- Tolima. *Revista Tumbaga* 4: 97–117.
- Renison, D, L Morales, GE Cuyckens, CS Sevillano & DM Cabrera (2018) Ecología y conservación de los bosques y arbustales de *Polylepis*: ¿qué sabemos y qué ignoramos? *Ecología Austral* 28: 163–174.
- Román-Palacios, C & C. Román-Valencia (2015) Hábitos tróficos de dos especies sintópicas de carácidos en una quebrada de alta montaña en los Andes colombianos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 782–788.
- Rossi, C, I Galindo, G Huamán, B Cuadros, Y Ortega, E Quispitupac & N Martínez (2018) Primer estudio de la riqueza de coleópteros en un bosque de *Polylepis tomentella* del distrito de Chaviña (Ayacucho, Perú). *Ecología austral* 28: 229–234.
- Schulenberg, TS, DF Stotz, DF Lane, JP O’Neill & TA Parker III (2010) *Birds of Peru*. Princeton University Press, New Jersey.
- Segovia-Salcedo, MC, A Domic, TE Boza & M Kessler (2018) Situación taxonómica de las especies del género *Polylepis*. Implicancias para los estudios ecológicos, la conservación y la restauración de sus bosques. *Ecología austral* 28: 188–201.
- Servat, GP, W Mendoza & JA Ochoa (2002) Flora y fauna de cuatro bosques de *Polylepis* (Rosaceae) en la cordillera del Vilcanota (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada* 1: 25–35.
- Sevillano-Ríos, CS & AD Rodewald (2017) Avian community structure and habitat use of *Polylepis* forests along an elevation gradient. *PeerJ* 5:e3220; DOI 10.7717/peerj.3220.
- Sevillano-Ríos, CS, AD Rodewald & LV Morales (2018) Ecología y conservación de las aves asociadas con *Polylepis*: ¿Qué sabemos de esta comunidad cada vez más vulnerable? *Ecología Austral* 28: 216–228.
- Valencia BG, MB Bush, AL Coe, E Orren & WD Gosling (2018) *Polylepis* woodland dynamics during the last 20,000 years. *Journal of Biogeography* 45: 1019–1030.