

Composición y preferencia de materiales en nidos de vertebrados nidificadores de cavidades en el bosque templado andino de Chile

Composition and preferences regarding nest materials by cavity-nesting vertebrates in the Andean temperate forest of Chile

**María Teresa Honorato ^a, Tomás A Altamirano ^{a*}, José Tomás Ibarra ^{a,b,c},
Mariano De la Maza ^{a,d}, Cristián Bonacic ^a, Kathy Martín ^{c,e}**

*Autor de correspondencia: ^a Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Laboratorio Fauna Australis, Santiago, Chile, taaltami@uc.cl

^b Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro de Desarrollo Local (CEDEL), Campus Villarrica, Villarrica, Chile.

^c University of British Columbia, Department of Forest and Conservation Sciences, Centre for Applied Conservation Research, Vancouver, BC, Canada.

^d Corporación Nacional Forestal, Departamento Conservación de la Diversidad Biológica, Santiago, Chile.

^e Environment Canada, Pacific Wildlife Research Centre, Delta, BC, Canada.

SUMMARY

The composition and quality of nesting materials may influence the breeding success of cavity-nesting vertebrates, providing protection and optimal temperature to eggs and chicks. Between 2010 and 2013, we studied the composition and preferences regarding nest materials used by cavity-nesters in Andean temperate forests, southern Chile. We deployed 240 nest-boxes, obtaining data for 290 nests for three bird species (*Aphrastura spinicauda*, *Troglodytes aedon* and *Tachycineta meyeri*) and four mammals (*Dromiciops gliroides*, *Rattus rattus*, *Oligoryzomys longicaudatus* and *Irenomys tarsalis*). *Aphrastura spinicauda* (n = 170) and *D. gliroides* (n = 91) comprised 90 % of the nests. *A. spinicauda* nests were composed mainly of vine tendrils (44.2 %) and branches of trees and shrubs (25.7 %). *Dromiciops gliroides* used mostly leaves of trees and shrubs (72.9 %), and bryophytes (20.2 %). The predominant and preferred leaf in the nests of both species was from bamboo *Chusquea* species. *Aphrastura spinicauda* avoided the leaves of *Lophozonia obliqua*, whereas *D. gliroides* avoided vines. These results suggest a previously unknown role of *Chusquea* spp. in the breeding ecology of cavity-nesting forest vertebrates. The thick matted nests and the acidic pH of the *Chusquea* spp. leaves may provide protection from predators and have a biocidal effect on pathogens. *Chusquea* spp. may have an important influence on the breeding success of cavity-nesters, although the benefits of using this nest material need to be confirmed.

Key words: *Aphrastura spinicauda*, bamboo, breeding, *Dromiciops gliroides*, resource selection.

RESUMEN

La composición y calidad de los nidos pueden afectar el éxito reproductivo de vertebrados nidificadores de cavidades, brindándoles protección y temperatura adecuada a huevos, polluelos y crías. Entre 2010-2013, se estudió la composición y preferencia de materiales de nidos de vertebrados nidificadores de cavidades del bosque templado andino de Chile. Se instalaron 240 cajas-nidos, obteniendo 290 nidos de tres especies de aves (*Aphrastura spinicauda*, *Troglodytes aedon* y *Tachycineta meyeri*) y de cuatro mamíferos (*Dromiciops gliroides*, *Rattus rattus*, *Oligoryzomys longicaudatus* e *Irenomys tarsalis*). El 90 % de los nidos correspondieron a *A. spinicauda* (n = 170) y *D. gliroides* (n = 91). Los nidos de *A. spinicauda* estuvieron compuestos principalmente por zarcillas de trepadoras (44,2 %) y ramas de árboles y arbustos (25,7 %). Los nidos de *D. gliroides* estuvieron compuestos principalmente por hojas (72,9 %) y briófitas (22,9 %). Dentro del ítem hojas, la hoja predominante y preferida por ambas especies fue de *Chusquea* spp. *Aphrastura spinicauda* rechazó las hojas de *Lophozonia obliqua*. *Dromiciops gliroides* rechazó las zarcillas de trepadoras. Estos resultados sugieren un rol relevante de *Chusquea* spp. en la ecología reproductiva de las especies estudiadas. Los enmarañados y grandes nidos de *Chusquea* spp., junto con el pH ácido de sus hojas, podrían proporcionar tanto una protección contra depredadores, como un efecto biocida contra patógenos. *Chusquea* spp. podría influenciar el éxito reproductivo de vertebrados nidificadores de cavidades, pero su beneficio debe ser dilucidado.

Palabras clave: *Aphrastura spinicauda*, bambú, *Dromiciops gliroides*, reproducción, selección de recursos.

INTRODUCCIÓN

La construcción de nidos para la reproducción, hibernación y/o descanso, es una actividad muy común en aves, mamíferos, reptiles e insectos (Hansell 2000). Entre los vertebrados de bosque, numerosas especies en el mundo requieren cavidades en árboles para reproducirse (Martin y Eadie 1999). En general, estas especies construyen nidos en el interior de cavidades para obtener protección y temperatura adecuada para sus huevos, polluelos y crías (Collias y Collias 1984). Los materiales utilizados en los nidos podrían ser determinantes en el éxito reproductivo de los nidificadores de cavidades por el papel que ejercen en la selección sexual, protección contra potenciales depredadores, junto con la mantención de una temperatura y un pH adecuados (Hilton *et al.* 2004, Álvarez y Barba 2009, Mainwaring *et al.* 2014). Por ejemplo, distintos materiales regulan la tasa de enfriamiento de los huevos de forma diferencial, donde las plumas serían el mejor aislante y el pasto el peor, revirtiéndose este indicador cuando los materiales están mojados (Hilton *et al.* 2004). Así, *Tachycineta meyeni* Cabanis (golondrina chilena), en la etapa de construcción de su nido, agrega menos plumas a medida que la temperatura diaria media aumenta (Liljesthrom *et al.* 2009). Las hojas son consideradas materiales semi-aislantes, pero estas mantienen su propiedad aun cuando se encuentran mojadas (Reid *et al.* 2002). Por otra parte, algunos materiales verdes (*e.g.*, hojas, zarzillas de trepadoras, briófitas) pueden contener compuestos secundarios volátiles y un pH que evita la proliferación de patógenos (Clark y Mason 1985, Dubiec *et al.* 2013). A pesar del importante rol que podrían cumplir los distintos materiales utilizados en la construcción de nidos por especies nidificadoras de cavidades, el conocimiento detallado sobre la composición de estos es principalmente anecdótico (exceptuando Liljesthrom *et al.* 2009).

La selección (*i.e.*, proceso que implica decisiones conductuales hechas por el animal en cuanto a qué recurso utilizar) podría mostrar diferencias con la preferencia (*i.e.*, utilización desproporcionada de un recurso al compararlo con lo esperado por su disponibilidad en el ambiente) de materiales utilizados en los nidos de las especies nidificadoras de cavidades (Hall *et al.* 1997). La distinción entre selección y preferencia es importante, ya que la utilización de ciertos materiales podría reflejar el proceso de selección asociado pero, en algunos casos, los recursos utilizados podrían no corresponder con la disponibilidad de materiales en los hábitats de las especies (Hall *et al.* 1997). Por ejemplo, *Troglodytes aedon* Vieillot (chercán) se reproduce ampliamente en hábitats con distintos grados de perturbación, pudiendo reemplazar los materiales del nido por los que encuentra disponibles en su hábitat modificado (Atienzar *et al.* 2010). Así, esta ave selecciona una gran variedad de materiales para nidificar, sin embargo, no se ha evaluado cuantitativamente si es que esta especie muestra alguna preferencia por alguno de estos.

Un 57 % de la comunidad de aves (29 especies) y al menos cinco mamíferos utilizan cavidades para reproducirse en el bosque templado sudamericano (Altamirano 2014). Sin embargo, aún es escaso el conocimiento sobre la reproducción de los vertebrados nidificadores de cavidades en el bosque templado de Chile y Argentina. En estos ecosistemas se han realizado estudios sobre pequeños paseriformes utilizando cajas-nidos, los que han evaluado principalmente la ecología reproductiva de dos especies de aves: *T. aedon* y *Aphrastura spinicauda* Gmelin (rayadito) (*e.g.* Moreno *et al.* 2005, Ippi *et al.* 2012, Altamirano *et al.* 2015). Sólo dos de estos estudios describen de manera general la composición de nidos de *A. spinicauda*. En Chiloé, los nidos de esta especie estuvieron compuestos por pequeñas ramas, rizomas, finos tallos de helechos, hojas de *Chusquea* spp. (bambú, colihue o quila), herbáceas y pelos (Moreno *et al.* 2005). En la región del Maule, la composición de los nidos de *A. spinicauda* se basó principalmente en acículas de *Pinus radiata* D. Don. (pino insigne), ramas de árboles y arbustos, junto con plumas, musgos, epífitas, herbáceas y pelos (Quilodrán *et al.* 2012). Para los mamíferos, Celis-Díez *et al.* (2012) describieron que el nido de *Dromiciops gliroides* Thomas (monito del monte) estaba compuesto tanto de epífitas, como de trepadoras, briófitas y vegetación de sotobosque como hojas de *Chusquea* spp. en la isla de Chiloé (sur de Chile). Jiménez y Rageot (1979) describieron 22 nidos de *D. gliroides* encontrados en la zona continental, los que en la mayoría de los casos fueron construidos de hojas de *Chusquea* spp. Sin embargo, también se encontraron nidos hechos completamente de hojas secas de *Lapageria rosea* Ruiz et Pav. (copihue), o de musgos y líquenes. La amplia variabilidad de materiales descritos en los nidos de *A. spinicauda* y *D. gliroides*, los que podrían tener funciones diferentes en las distintas partes del nido, sugeriría que ambas especies no prefieren ningún material en particular para la construcción de estos. Sin embargo, ninguno de estos estudios evaluó en detalle la composición de los nidos utilizados para reproducirse por ambas especies. Menos aún ha sido evaluada la relación entre los materiales utilizados en los nidos y su disponibilidad en el hábitat, lo que informaría sobre la preferencia o rechazo de ciertos materiales bajo distintas condiciones de hábitat.

En este trabajo se evalúa la composición y preferencia/rechazo de materiales en nidos de pequeños vertebrados que utilizan cavidades en el bosque templado andino del sur de Chile. Específicamente, (i) se describe la composición de nidos de tres especies de aves y cuatro mamíferos, y (ii) se evalúa si dos especies (*A. spinicauda* y *D. gliroides*) prefieren o rechazan algún material en relación a lo disponible en el hábitat reproductivo. El primer objetivo es de naturaleza descriptiva. Para el segundo objetivo se predice que *A. spinicauda* y *D. gliroides* no mostrarán preferencia ni rechazo por algún material específico. Para desarrollar estos objetivos se instalaron cajas-nido, con el supuesto de que la composición de los nidos en ca-

vidades naturales no varía respecto a los construidos en cajas-nido, lo que ha sido visualmente observado en estudios paralelos con cavidades naturales (Altamirano 2014).

MÉTODOS

Especies y área de estudio. Se estudiaron los nidos de especies que se reproducen y/o hibernan al interior de cavidades de árboles. Se determinó la especie a la cual correspondía cada nido por observación directa de los adultos (monitoreo regular cada 2-3 días de cada nido) y/o observación mediante cámaras trampa (ver detalles en Altamirano *et al.* 2015). Los nidos de micromamíferos corresponden a periodos reproductivos e hibernación. De esta manera, las especies estudiadas corresponden a las aves *A. spinicauda*, *T. aedon* y *T. meyeri*, y los mamíferos *D. gliroides*, *Rattus rattus* Linnaeus (rata negra), *Irenomys tarsalis* Philippi (rata arbórea) y *Oligoryzomys longicaudatus* Bennett (ratón de cola larga).

Los bosques del centro-sur y sur de Chile se encuentran dentro de la influencia bioclimática templada, la cual abarca desde el paralelo 35° hasta 55° de Sudamérica. El presente estudio se desarrolló en la zona andina de la comuna de Pucón, región de La Araucanía (39° S), Chile. En zonas bajas (200-900 m s.n.m.), dominan especies arbóreas de los géneros *Nothofagus*, *Lophozonia*, *Persea*, *Gevuina*, *Laurelia*, *Laureliopsis*, y *Saxegothaea*. En zonas altas (> 900 m s.n.m.) dominan los bosques antiguos mixtos de *Nothofagus pumilio* Poepp. et Endl. Krasser (lenga) con *Araucaria araucana* Molina. K. Koch. (araucaria) (Rojas *et al.* 2011). En el sotobosque es común la presencia de especies del género *Chusquea*, numerosos helechos y arbustos. Las plantas trepadoras más comunes en el área de estudio son *Boquila trifoliolata* DC. Decne. (voqui blanco), *Cissus striata* Ruiz et Pav. (voqui colorado), *L. rosea*, *Hydrangea serratifolia* Hook. et Arn. F.Phil. (voqui paulún) y *Mitraria coccinea* Cav. (botellita).

Colecta y tratamiento de nidos. En septiembre de 2010 se instalaron 240 cajas-nido en seis sitios. En cada sitio se instalaron 40 cajas-nido, manteniéndolas disponibles para su uso durante tres temporadas reproductivas (2010-2013). Las cajas-nido fueron distribuidas uniformemente en grillas de 8x5 cajas-nido, separadas por una distancia mínima de 25 m entre ellas. Estas cajas-nido se instalaron colgando de ramas que se encontraban entre 1,5 y 2,5 m de altura (Altamirano *et al.* 2015). Las cajas-nido tuvieron una entrada de diámetro 3,1 cm, y sus medidas internas eran de 16,5 cm de largo, 13,2 cm de ancho y 17,1 cm de profundidad desde la base de la entrada. Una vez finalizada cada temporada reproductiva, se colectaron los nidos para su análisis en laboratorio.

La estructura de los nidos fue descrita en relación a las siguientes variables: peso (se utilizó una balanza digital de precisión 0,1 a 1.100 g) y volumen (cm³, alto x largo x ancho); para el caso de las aves se obtuvo además, la profun-

dididad, largo y ancho de la taza interna (Hansell 2000). En el caso de las aves, para obtener el volumen total se restó el volumen de la taza interna. Para determinar la composición de los nidos, estos fueron secados en una estufa de convección a 105 °C por cinco horas. Luego, los nidos se disgregaron y los materiales de cada nido fueron clasificados en los siguientes ítems: plumas, pelos, briófitas (principalmente musgos y hepáticas), líquenes, hojas, ramas de árboles y arbustos (en adelante ramas), zarcillas de trepadoras (en adelante trepadoras), semillas, corteza, chips de madera, barro, tela de araña y materiales no naturales (*e.g.*, nylon, plástico e hilo) (Atienzar *et al.* 2010). Se determinó la presencia o ausencia de cada material descrito dentro de cada nido y se calculó la proporción que ocupaban dentro del nido, obteniendo la frecuencia de ocurrencia para cada ítem analizado. Los ítems hojas, ramas y semillas se lograron identificar a nivel de especie, estimando visualmente la presencia y proporción del volumen total de éstas en cada nido.

Evaluación del hábitat reproductivo e hibernación. Una vez terminada la temporada reproductiva, se determinó la estructura y composición de la vegetación circundante a cada caja-nido. Se realizaron parcelas circulares de 0,04 ha (11,2 m de radio) con cada caja-nido como centro (Altamirano 2014). Dentro de cada parcela, se registraron las siguientes variables: cobertura de sotobosque general, sotobosque de *Chusquea* spp. y la composición de especies leñosas dentro de la parcela. Para cada árbol con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 12,5 cm, se registró la especie, el DAP y la cobertura de trepadoras en el tronco y copa (la cual fue estimada utilizando las siguientes categorías: 0: 0 % cobertura; 1: 1-25 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 % y 4: 76-100 %) (Altamirano 2014).

Análisis de datos. Ningún individuo fue marcado, por lo tanto no fue posible determinar si los nidos entre temporadas correspondieron a las mismas parejas. Los datos fueron analizados separadamente para cada especie que utilizó las cajas-nido. Sólo en el caso de *I. tarsalis* y *O. longicaudatus*, la composición de sus nidos se analizó en conjunto debido a la dificultad de diferenciar los nidos de ambas especies cuando no se encontraron adultos en el interior (en adelante “roedor nativo” hará referencia a los nidos de ambas especies, ya que el otro roedor estudiado -*R. rattus*- es una especie exótica en el área). Los siguientes ítems se agruparon en la categoría “otros”: líquenes, semillas, corteza, chips de madera, barro, tela de araña y materiales no naturales, debido a la baja presencia de estos en los nidos. Los análisis para comparar los materiales encontrados en los nidos y la disponibilidad de estos recursos en el hábitat reproductivo, fueron realizados sólo para *A. spinicauda* y *D. gliroides*, ya que ambas especies totalizaron el 90 % de los nidos analizados (n = 261). Se realizó un análisis no paramétrico de Spearman para evaluar la correlación entre la proporción de *Chusquea* spp. y trepadoras encontradas

en el nido, y lo observado en cada parcela. Por otra parte, se evaluó preferencia/rechazo de materiales utilizados respecto a lo disponible en el hábitat por medio de pruebas de chi cuadrado (χ^2). Específicamente, para ambas especies se evaluó la preferencia/rechazo de hojas de *Chusquea* spp., hojas de *Lophozonia obliqua* Mirb. Heenan et Smissen (roble) y trepadoras. Además, para *A. spinicauda* se evaluó la preferencia/rechazo de hojas de *Nothofagus dombeyi* Mirb. Oerst. (coigüe) y acículas de *Pinus radiata*. Los resultados son reportados de la siguiente manera: $\chi^2_{\text{grados de libertad, tamaño de la muestra}} = \text{valor chi cuadrado}$; valor *P*. Los análisis fueron realizados utilizando el programa JMP 9®.

RESULTADOS

Se analizó un total de 290 nidos durante las tres temporadas reproductivas, de los cuales 170 fueron de *A. spinicauda*, 91 de *D. gliroides*, 16 de *R. rattus*, nueve de roedor nativo, tres de *T. aedon* y uno de *T. meyeri*. Para *A. spinicauda*, el peso promedio del nido fue de $36,8 \pm 11,9$ g (rango = 9,4 - 69,9 g). El peso promedio del nido de *D. gliroides* fue de $41,2 \pm 22,6$ g (rango = 6,5 - 100,2 g). Los nidos más livianos entre las seis especies correspondieron a los de *A. spinicauda*, seguido por los de *D. gliroides*, mientras que los nidos más pesados correspondieron a los de *R. rattus* (cuadro 1). Los nidos menos altos correspondieron a *A. spinicauda*, con un promedio de $3,7 \pm 0,9$ cm (rango = 1,8 - 7,8 cm), mientras que los nidos más altos correspondieron a los de *R. rattus* con un promedio de $6,9 \pm 2,8$ cm (rango 3,0 - 11,6 cm). Además, los nidos de *A. spinicauda* tuvieron una base de materiales largos y finos (ramas de árboles y arbustos, y zarcillas de trepadoras), donde construían su taza interna. Luego, ellos revestían esta taza interna con materiales aislantes como pelos y plumas, manteniendo su forma aún fuera de la caja-nido. De igual manera, los nidos de *D. gliroides* tenían una estructura entretrejida, principalmente con hojas de *Chusquea* spp., donde en ocasiones agregaban briófitas. Por otro lado, los nidos de *R. rattus* no mostraron una estructura entretrejida, donde las hojas que agregaban en él solo eran depositadas y acumuladas, perdiendo el nido su estructura fuera de la cavidad.

En cuanto a la composición de los nidos, *A. spinicauda* fue la única especie que presentó, en todas las temporadas reproductivas, todos los ítems analizados (figura 1). Los nidos de *A. spinicauda* estuvieron compuestos mayoritariamente por zarcillas de trepadoras (44,1 %) y ramas de árboles y arbustos (28,7 %). Por otra parte, los nidos de *D. gliroides* estuvieron compuestos principalmente por hojas (66,9 %) y briófitas (17,9 %). Todos los mamíferos, junto con *T. aedon*, utilizaron en mayor proporción el ítem hojas (figura 1). Para todas las especies, a excepción de *R. rattus*, la hoja de mayor proporción dentro de los nidos fue de *Chusquea* spp. (figura 2). La mayor proporción de hojas de *Chusquea* spp. fue encontrada en los nidos de

T. aedon, con un 91,7 % del total de las hojas. Para todas las especies nativas, a excepción de *T. aedon*, la segunda hoja de mayor proporción correspondió a *L. obliqua*. Los nidos de *A. spinicauda* estuvieron compuestos en un 22,6 % de hojas de *L. obliqua* del total de hojas presentes en sus nidos (figura 2).

Para *A. spinicauda* se encontró una correlación positiva entre la proporción de *Chusquea* spp. en el nido y lo disponible en el hábitat reproductivo ($P < 0,001$, $r_s = 0,540$). Sin embargo, no se encontró una correlación entre la proporción de trepadoras en el nido y en el hábitat reproductivo ($P = 0,240$, $r_s = 0,090$). Para *D. gliroides*, aumentó la proporción de *Chusquea* spp. ($P < 0,001$, $r = 0,840$) y trepadoras ($P = 0,040$, $r_s = 0,220$) en el nido al aumentar la proporción de estos ítems en el hábitat reproductivo.

Aphrastura spinicauda no mostró preferencia/rechazo para los ítems trepadoras (100% de presencia en parcelas y nidos) y hojas de *N. dombeyi* ($\chi^2_{1,170} = 0,601$, $P > 0,05$), seleccionando estos acorde a lo disponible en el hábitat reproductivo. Sin embargo, *A. spinicauda* seleccionó las hojas de *Chusquea* spp. ($\chi^2_{1,170} = 29,450$, $P < 0,001$) y las acículas de *P. radiata* ($\chi^2_{1,170} = 10,870$, $P < 0,001$) positiva y desproporcionalmente en relación a lo disponible (*i.e.*, preferencia). Al contrario, a pesar de encontrarse presente en el 72 % de los hábitats reproductivos, la frecuencia de hojas de *L. obliqua* en los nidos fue menor a la esperada (*i.e.*, rechazo de este material; $\chi^2_{1,170} = 11,43$, $P < 0,001$). Por su parte, *D. gliroides* mostró una preferencia por *Chusquea* spp. ($\chi^2_{1,91} = 6,28$, $P = 0,010$) y un rechazo por las trepadoras ($\chi^2_{1,91} = 12,248$, $P < 0,001$).

DISCUSIÓN

Este estudio entrega una evaluación de la composición y preferencia/rechazo de materiales en nidos de vertebrados nidificadores de cavidades que habitan la parte septentrional del bosque templado andino de Sudamérica. Los resultados indican que las aves y pequeños mamíferos estudiados usan una amplia gama de componentes naturales (plumas, pelos, briófitas, líquenes, hojas, ramas de árboles y arbustos, zarcillas de trepadoras, semillas, corteza, restos de madera, barro, tela de araña) y, en muy baja proporción, materiales no naturales (nylon, plástico e hilo). A pesar de esta diversidad de recursos utilizados, los resultados resaltan la importancia de *Chusquea* spp. en los nidos de las especies estudiadas. Las hojas de *Chusquea* spp. fueron las de mayor proporción en todas las especies nativas estudiadas y fue preferida por sobre otros materiales tanto por *A. spinicauda* como por *D. gliroides*.

Existieron diferencias entre los componentes utilizados por las especies estudiadas en relación a los pocos antecedentes que existen para estas en otras zonas de su distribución. Estas diferencias sugieren que las especies del bosque templado serían principalmente generalistas en el uso de recursos (Vuilleumier 1985, Ibarra y Martin 2015), adaptándose y modificando los materiales utilizados en sus

Cuadro 1. Peso (g) y volumen total (cm³) de los nidos analizados por especie (media ± desviación estándar) para *Aphrastura spinicauda*, *Troglodytes aedon*, *Tachycineta meyeri*, *Dromiciops gliroides*, *Rattus rattus*, *Irenomys tarsalis* y *Oligoryzomys longicaudatus*.

Weight (g) and total volume (cm³) of nests (mean ± standard deviation) for *Aphrastura spinicauda*, *Troglodytes aedon*, *Tachycineta meyeri*, *Dromiciops gliroides*, *Rattus rattus*, *Irenomys tarsalis* and *Oligoryzomys longicaudatus*.

Especie	n	Peso (g)	Volumen total (cm ³)	Temporada
<i>Aphrastura spinicauda</i>	170	37 ± 11,9	657 ± 0,5	2010-2013
<i>Troglodytes aedon</i>	3	50 ± 24,4	1.407 ± 29,7	2010-2012
<i>Tachycineta meyeri</i>	1	54	926	2012-2013
<i>Dromiciops gliroides</i>	91	41 ± 22,6	1.325 ± 12,7	2010-2013
<i>Rattus rattus</i>	16	64 ± 35,5	2.200 ± 27,8	2011-2013
<i>Irenomys tarsalis/Oligoryzomys longicaudatus</i>	9	56 ± 20,9	1.496 ± 7,6	2010-2013

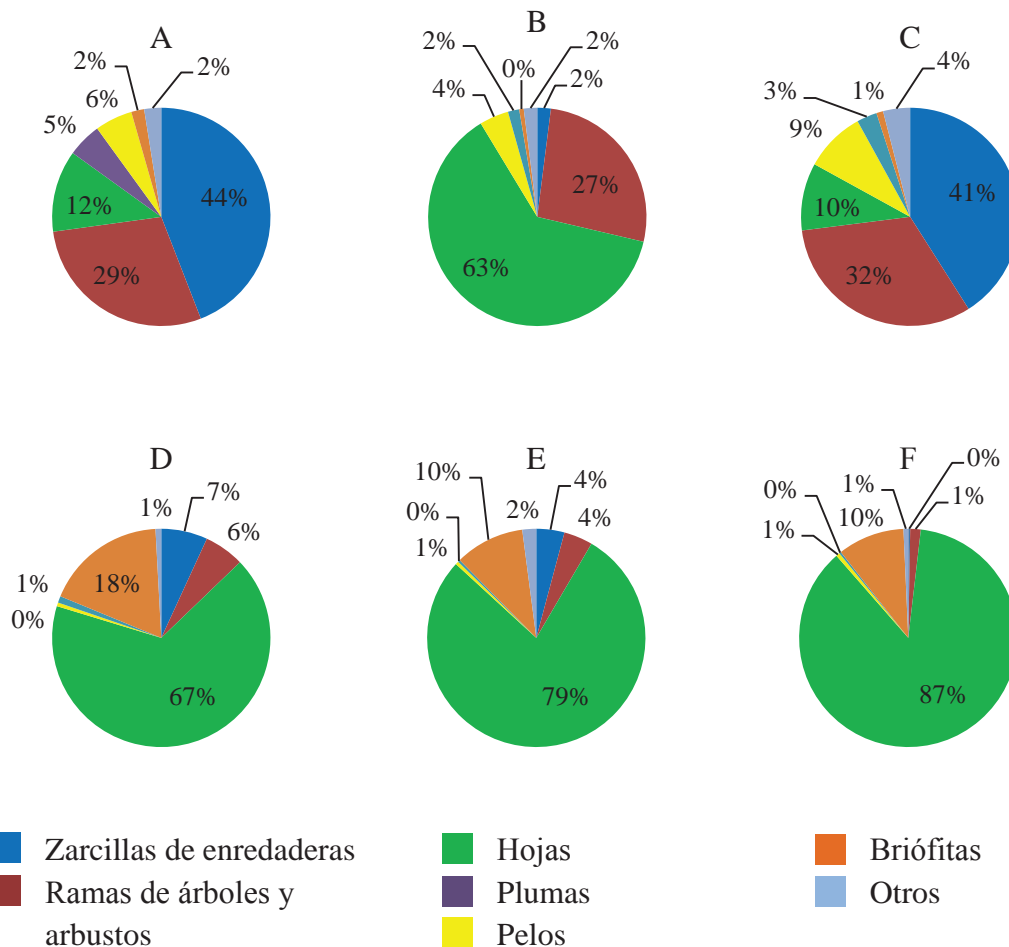


Figura 1. Frecuencia de ocurrencia de los ítems utilizados en la construcción de nidos de vertebrados nidificadores de cavidades en el bosque templado andino del sur de Chile (2010-2013). *Aphrastura spinicauda* (A), *Troglodytes aedon* (B), *Tachycineta meyeri* (C), *Dromiciops gliroides* (D), *Rattus rattus* (E), *Irenomys tarsalis/Oligoryzomys longicaudatus* (F).

Frequency of occurrence of items used in nests by cavity-nesting vertebrates in the Andean temperate forest of southern Chile (2010-2013). *Aphrastura spinicauda* (A), *Troglodytes aedon* (B), *Tachycineta meyeri* (C), *Dromiciops gliroides* (D), *Rattus rattus* (E), *Irenomys tarsalis/Oligoryzomys longicaudatus* (F).

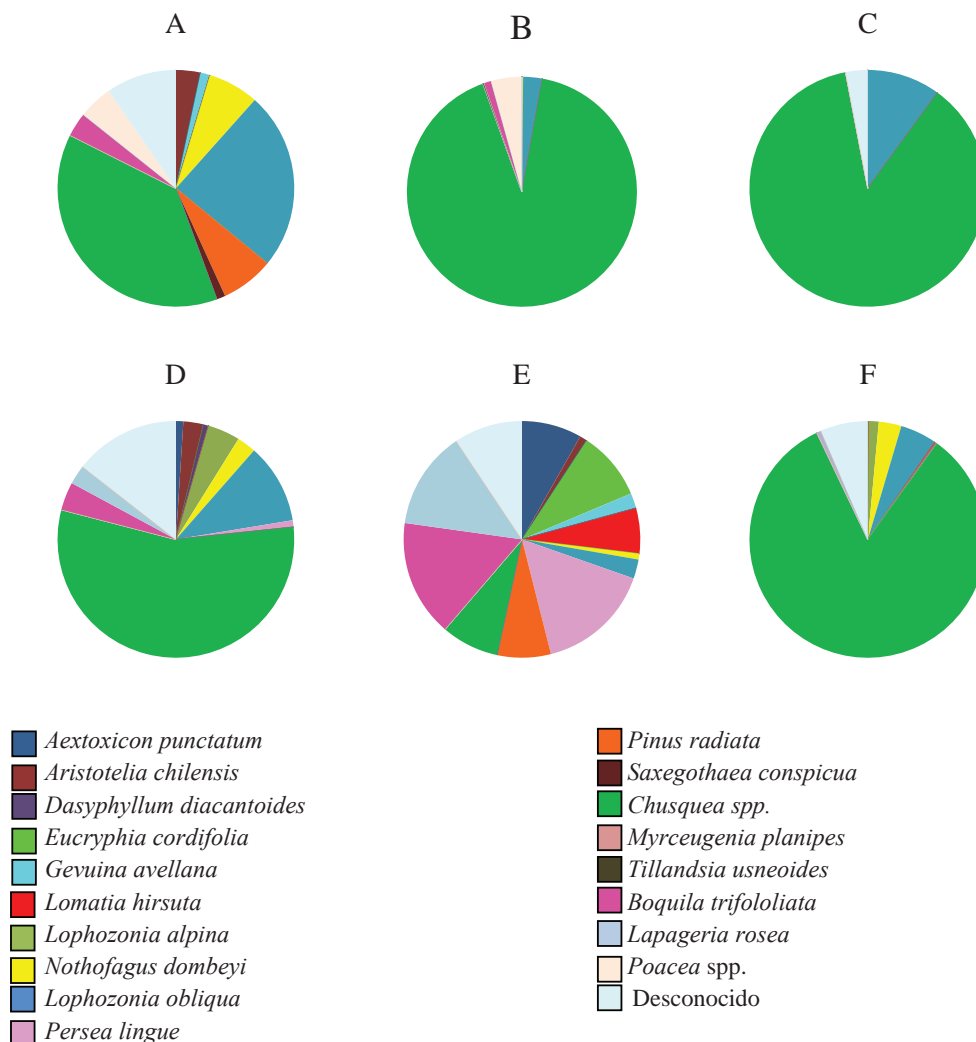


Figura 2. Proporción de hojas presentes en los nidos de *Aphrastura spinicauda* (A), *Troglodytes aedon* (B), *Tachycineta meyeni* (C), *Dromiciops gliroides* (D), *Rattus rattus* (E), e *Irenomys tarsalis/Oligoryzomys longicaudatus* (F) en el bosque templado andino del sur de Chile (2010-2013).

Proportion of leaves in nests of *Aphrastura spinicauda* (A), *Troglodytes aedon* (B), *Tachycineta meyeni* (C), *Dromiciops gliroides* (D), *Rattus rattus* (E) and *Irenomys tarsalis/Oligoryzomys longicaudatus* (F) in the Andean temperate forest of southern Chile (2010-2013).

nidos dependiendo del hábitat. Por ejemplo, tanto Moreno *et al.* (2005) como Celis-Diez *et al.* (2012), en la Isla grande de Chiloé detallan la presencia de helechos de la familia Hymenophyllaceae en la composición de nidos de *A. spinicauda* y *D. gliroides*, respectivamente. Lo anterior coincide con que la familia de helechos epífitos Hymenophyllaceae es la más abundante en la isla (Veblen y Schlegel 1982). Además, los materiales utilizados por *A. spinicauda* en la construcción de sus nidos en Chiloé coinciden en términos generales con las especies de plantas disponibles en el ambiente, destacando los tallos finos de epífitas, helechos y rizomas (Veblen y Schlegel 1982). Por otro lado, estudios realizados por Quilodrán *et al.* (2012) y Muñoz-Pedrerros *et al.* (1996), ambos en plantaciones de *P. radiata*, detallan la alta presencia de acículas de pino

en la construcción de nidos de *A. spinicauda* y *T. aedon*, respectivamente.

Entre aves y mamíferos se observó una diferencia en la utilización de materiales para nidificar. Las aves fueron más generalistas en cuanto al uso de materiales, mientras que los mamíferos utilizaron mayormente hojas y briófitas. Estas últimas podrían tener un rol biocida contra patógenos, otorgando mayor protección a las crías. Dentro de las hojas, los mamíferos utilizaron principalmente hojas de *Chusquea spp.*, a excepción de la especie exótica *R. rattus* que utilizó en proporciones similares hojas de *Boquila trifoliolata*, *Persea lingue* (R. *et Pav.*) Nees (*lingue*) y *Lapageria rosea*. Esto coincide, en términos de selección de materiales, con las descripciones previas de nidos de *D. gliroides* en la zona continental, en donde la mayoría de

los nidos fueron contruidos principalmente con *Chusquea* spp. (Jiménez y Rageot 1979). A pesar de la diferencia en la proporción de materiales para la construcción del nido en las aves, todas las especies se asemejaron en buscar materiales aislantes y térmicos (*i.e.* plumas y hojas) para el revestimiento de su taza interna (Hilton *et al.* 2004).

Este estudio aporta con un nuevo rol de *Chusquea* spp. en la ecología de especies que habitan el bosque templado de Sudamérica: su uso frecuente en los nidos de algunos vertebrados nidificadores de cavidades. Los nidos de *D. gliroides*, *I. tarsalis* y *O. longicaudatus* fueron fuertemente reforzados con un tejido enmarañado de *Chusquea* spp., probablemente asociado a mantener una temperatura adecuada en los nidos (Hilton *et al.* 2004, Mainwaring *et al.* 2014). Lo anterior podría deberse al carácter estable de las hojas como material aislante (Reid *et al.* 2002), pudiendo ser el mejor aislante en condiciones de alta humedad y precipitación (no así las plumas), como son las condiciones de invierno en que estas especies hibernan y/o se refugian. Por otra parte, ha sido reportado que los tejidos de *Chusquea* spp. tienen un pH de cinco o menor (Rijo *et al.* 1987). El pH ácido produce una drástica reducción de la supervivencia de los microorganismos; por lo tanto, el uso de *Chusquea* spp. podría evitar la proliferación de patógenos (Dubiec *et al.* 2013). De esa forma, el uso de hojas de las especies del género *Chusquea* en los nidos podría inhibir la proliferación de patógenos, aunque también podría aportar en la termorregulación interna, reducción de la depredación (aportando volumen al nido; Hansell 2000) e, incluso, podría jugar un rol en la selección sexual (Mainwaring *et al.* 2014).

A pesar de la aparente generalización en el uso de recursos en los nidos por los vertebrados nidificadores de cavidades en el bosque templado, el presente estudio demuestra que *A. spinicauda* y *D. gliroides* prefieren algunos recursos presentes en el hábitat reproductivo y/o de hibernación por sobre otros. *Aphrastura spinicauda* construyó sus nidos mayoritariamente en base a trepadoras, material disponible en el 100 % de las parcelas donde se ubicaron las cajas-nido. Este resultado coincide con la abundancia de trepadoras en bosques de la zona estudiada (Veblen y Schlegel 1982, Altamirano 2014). En la zona andina, *A. spinicauda* mostró preferencia por acículas de *P. radiata* al utilizar este material en el 20 % de los nidos a pesar de no ser abundante en el sitio de estudio (6,5 % de las parcelas). Lo anterior puede deberse a que este material permite entretrejer la base del nido, pudiendo suplir el rol de las trepadoras. De hecho, el promedio de trepadoras en los nidos sin acículas de *P. radiata* fue mayor que el promedio encontrado en los nidos con presencia de acículas de esta especie, disminuyendo de 44,1 % a 31,0 % respectivamente. Respecto al ítem hojas, *A. spinicauda* mostró preferencia por *Chusquea* spp. y rechazo de *L. obliqua*. Esta preferencia de *Chusquea* spp. podría deberse a la flexibilidad de ésta para poder entretrejer este material dentro del nido, al contrario de la hoja de *L. obliqua* que, por su

pequeño tamaño (5 cm de largo, aproximadamente) y poca flexibilidad, no permite el entretrejado.

Por su parte, *D. gliroides* mostró una preferencia por hojas de *Chusquea* spp. y un rechazo por trepadoras en la construcción de sus nidos. Lo anterior podría deberse a que este mamífero no necesita entretrejer sus nidos con una estructura rígida para sostener una estructura firme o taza interna. El largo de las hojas de *Chusquea* spp. permite un entretrejado flexible que mantiene un espacio interno para la reproducción e hibernación. Finalmente, *D. gliroides* utilizó hojas de *L. obliqua* solo cuando estas se encontraban presentes dentro del hábitat reproductivo. Esto se puede deber a que *D. gliroides* sólo utilizaría estas hojas para otorgar volumen a su nido, completando el interior de la cavidad y protegiendo aún más el espacio interno donde se localizarían los adultos y/o las crías.

CONCLUSIONES

Los estudios de naturaleza descriptiva aportan al conocimiento de la historia natural, por ejemplo, en la composición de materiales utilizados en los nidos fabricados para la reproducción, hibernación y/o descanso de las especies. Sin embargo, al evaluar la preferencia que tienen las especies sobre los recursos disponibles, se puede dilucidar que la utilización de ciertos materiales podría no corresponder con la disponibilidad de materiales en sus hábitats. Este trabajo evidencia la amplia variedad de materiales utilizados en la construcción de nidos por siete especies nidificadoras de cavidades del bosque templado. Por otra parte, las hojas de *Chusquea* spp. son preferidas por dos vertebrados nidificadores de cavidades. *Chusquea* spp. podría influenciar el éxito reproductivo de estas especies, proporcionando protección contra depredadores (debido a la dificultad de capturar a la presa en el interior de la cavidad) y/o teniendo un efecto biocida contra patógenos. Estos posibles mecanismos asociados al uso de *Chusquea* spp. aún deben ser evaluados.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por Fondos de Protección Ambiental (09-078-2010 y 9-I-009-12) del Ministerio del Medio Ambiente, The Peregrine Fund, The Rufford Small Grants for Nature Conservation (14397-2), Francois Vuilleumier Fund for Research on Neotropical Birds (Sociedad de Ornitología Neotropical), e Idea Wild. Este estudio fue posible gracias al invaluable apoyo de Alberto Dittborn, Jerry Laker, Cristina Délano, Mónica Sabugal, Ricardo Timmerman y la Comunidad de Kawellucó quienes permitieron el desarrollo de esta investigación en sus predios. Las sugerencias y comentarios del editor y dos revisores anónimos ayudaron a mejorar considerablemente el manuscrito. T. A. Altamirano, J. T. Ibarra, M. De la Maza fueron becarios de postgrado de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT).

REFERENCIAS

- Altamirano TA. 2014. Breeding ecology of cavity-nesting birds in the Andean temperate forest of southern Chile. Tesis Doctorado en Ciencias. Santiago, Chile. Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. 145 p.
- Altamirano TA, JT Ibarra, M de la Maza, SA Navarrete, C Bonacic. 2015. Reproductive life-history variation in a secondary cavity-nester across an elevational gradient in Andean temperate ecosystems. *The Auk: Ornithological Advances* 132: 826-835.
- Álvarez E, E Barba. 2009. ¿Cómo afecta la calidad del nido *per se* al proceso de incubación? Una aproximación experimental. *Revista Catalana d'Ornitologia* 25: 11-18.
- Atienzar F, E Belda, J Greño. 2010. Comparación de materiales utilizados en la construcción del nido y de los parámetros reproductores en el chochín *Troglodytes troglodytes* en la Font Roja y en la Sierra de Mariola. *Iberis* 8: 17-22.
- Celis-Díez JL, J Hetz, PA Marín Vial, G Fuster, P Necochea, RA Vásquez, FM Jaksic, JJ Armesto. 2012. Population abundance, natural history, and habitat use by the arboreal marsupial *Dromiciops gliroides* in rural Chiloé Island, Chile. *Journal of Mammalogy* 93: 134-148.
- Clark L, JR Mason. 1985. Use of nest material as insecticidal and anti-pathogenic agents by the European Starling. *Oecologia* 67: 169-176.
- Collias NE, EC Collias. 1984. Nest building and bird behaviour. Princeton, USA. Princeton University Press.
- Dubiec A, I Gózd, TD Mazganski. 2013. Green plant material in avian nests. *Avian Biology Research* 6: 133-146.
- Hansell M. 2000. Bird nests and construction behaviour. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 295 p.
- Hilton GM, MH Hansell, GD Ruxton, JM Reid, P Monaghan. 2004. Using artificial nests to test importance of nesting material and nest shelter for incubation energetics. *The Auk* 121: 777-787.
- Ibarra JT, K Martin. 2015. Biotic homogenization: loss of avian functional richness and habitat specialists in disturbed Andean temperate forests. *Biological Conservation* 192: 418-427.
- Ippi S, R Vásquez, J Moreno, S Merino, CP Villavicencio. 2012. Breeding biology of the Southern House Wren on Chiloé Island, southern Chile. *The Wilson Journal of Ornithology* 124: 531-537.
- Jiménez J, R Rageot. 1979. Notas sobre la biología del monito del monte (*Dromiciops australis* Philippi 1893). *Anales del Museo de Historia Natural* 12: 83-88.
- Hall LS, PR Krausman, ML Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25: 173-182.
- Liljeström M, A Schiavini, JC Reboreda. 2009. Chilean swallows (*Tachycineta meyeni*) adjust the number of feathers added to the nest with time of breeding. *The Wilson Journal of Ornithology* 121: 783-788.
- Mainwaring MC, IR Hartley, MM Lambrechts, DC Deeming. 2014. The design and function of bird's nests. *Ecology and Evolution* 4: 3909-3928.
- Martin K, J Eadie. 1999. Nest webs: a community-wide approach to the management and conservation of cavity-nesting forest birds. *Forest Ecology and Management* 115: 243-257.
- Moreno J, S Merino, R Vásquez, JJ Armesto. 2005. Breeding biology of the thorn-tailed rayadito (Furnariidae) in south-temperate rainforests of Chile. *The Condor* 107: 69-77.
- Muñoz-Pedreras A, A Gantz, M Saavedra. 1996. Nidos artificiales en plantaciones de *Pinus radiata* en el sur de Chile: ¿Una herramienta para mitigar impactos ambientales negativos? *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 393-400.
- Quilodrán C, R Vásquez, C Estades. 2012. Nesting of the Thorn-Tailed Rayadito (*Aphrastura spinicauda*) in a Pine Plantation in Southcentral Chile. *The Wilson Journal of Ornithology* 124: 737-742.
- Reid JM, W Cresswell, S Holt, RJ Mellanby, DP Whitfield, GD Ruxton. 2002. Nest scrape design and clutch heat loss in Pectoral Sandpipers (*Calidris melanotos*). *Functional Ecology* 16: 305-312.
- Rijo C, H Poblete, JE Díaz-Vaz, M Torres, A Fernández. 1987. Estudios de algunas características anatómicas, físicas y químicas de *Chusquea culeou* (Coligue). *Bosque* 8(1): 59-61.
- Rojas I, P Becerra, N Gálvez, J Laker, C Bonacic, A Hester. 2011. Relationship between fragmentation, degradation and native and exotic species richness in an Andean temperate forest of Chile. *Gayana Botánica* 68: 163-175.
- Veblen TT, FM Schlegel. 1982. Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. *Bosque* 4(2): 73-115.
- Vuilleumier F. 1985. Forest birds of Patagonia: ecological geography, speciation, endemism, and faunal history. *Ornithological Monographs* 36: 255-304.

Recibido: 24.01.16
Aceptado: 11.05.16