

UCH-FC
B. Ambiental
E 775
C. ↓



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE PREGRADO



**DIMORFISMO SEXUAL EN APROVISIONAMIENTO PARENTAL
Y EN CRECIMIENTO A EDAD TEMPRANA EN EL RAYADITO
APHRASTURA SPINICAUDA.**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los
requisitos para optar al Título de:

BIÓLOGA CON MENCIÓN EN MEDIO AMBIENTE

por

PAMELA A. ESPÍNDOLA HERNÁNDEZ

Director del Seminario de Título:

DR. RODRIGO A. VÁSQUEZ SALFATE

Abril de 2014, Santiago, Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, que el Seminario de Título presentado por la candidata:

PAMELA A. ESPÍNDOLA HERNÁNDEZ

DIMORFISMO SEXUAL EN APROVISIONAMIENTO PARENTAL Y EN CRECIMIENTO A EDAD TEMPRANA EN EL RAYADITO *APHRASTURA SPINICAUDA*.

Ha sido aprobado por la Comisión evaluadora y revisora, como requisito parcial, para optar al título profesional de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

Dr. Rodrigo Vásquez Salfate
Director Seminario de Título

Comisión de Evaluación

Dr. Michel Sallaberry Ayerza
Presidente Comisión

Dr. Claudio Veloso Iriarte
Evaluador

Santiago de Chile, abril de 2014



Agradecimientos

Le agradezco a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, a cada uno de los académicos, funcionarios y estudiantes con los que he compartido felizmente estos años de mi vida. En especial al Dr. Rodrigo Vásquez S., a la Dra. Verónica Quirici, al Dr. Gabriel Castaño Villa, a Andrés Fierro y a los demás integrantes del Laboratorio de Ecología Terrestre, por enseñarme y compartir conmigo parte de sus conocimientos, experiencias y motivaciones. Le agradezco al Dr. Christian González A. y a Ignacio Mellado H., ambos del Instituto de Entomología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE), por su ayuda en mi acercamiento al estudio de los insectos, que fue un pilar fundamental en este trabajo. Le agradezco a mi familia, a mis padres, doña Grima y don Sami, por llevarme tantas veces al Museo Nacional de Historia Natural, explicarme como ocurren los eclipses, comprarme enciclopedias y darme la oportunidad de tener al Sam como hermano. Les agradezco a mis amigos por todos los momentos serios y poco serios vividos en estos años, en especial a Francisco por llegar a mi vida.

Recursos, materiales y financiamiento

El Laboratorio de Ecología Conductual aportó con los recursos y materiales requeridos para este estudio, siendo financiado por los proyectos ICM-005-002, PFB-23-CONICYT, FONDECYT 1090794, FONDECYT3110059 y FONDECYT 1140548.

Índice

	Página
Informe de Aprobación	ii
Agradecimientos	iii
Recursos, materiales y financiamiento	iv
Índice	v
Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Objetivos:	
2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos específicos	8
3 Metodología:	
3.1 Población en estudio	9
3.2 Captura y toma de muestras	9
3.3 Sexado Molecular	10
3.4 Composición de la dieta entregada por los adultos	10
3.5 Curvas de crecimiento	11
3.6 Análisis estadístico	11
4 Resultados:	
4.1 Tamaño de muestra, individuos y sexo	12
4.2 Aprovisionamiento de presas al nido	13
4.3 Crecimiento de pollos	
4.3.1 Comparación entre modelos de crecimiento animal	19
4.3.2 Peso máximo de los pollos	20
4.4 Calidad de dieta y proporción de sexos de las nidadas	22
5 Discusión	24
6 Conclusiones	26
7 Bibliografía	27

Resumen

La tasa de crecimiento de los pollos y la proporción de sexos en cada nido, en algunas aves puede afectar el aprovisionamiento de presas al nido por parte de los padres. El objetivo de este estudio fue evaluar si existen diferencias en la conducta de aprovisionamiento y en el crecimiento según el sexo de los pollos, en una población de rayaditos (*Aphrastura spinicauda*). La investigación se realizó en Isla Navarino (55°04'59" S, 67°40'0" O). Se evaluó la relación entre la calidad de la dieta entregada a los pollos y la proporción de sexos en los nidos. La dieta fue determinada a partir de grabaciones de las visitas de los padres a las cajas nido, durante el período de cuidado parental a los pollos. Los pesos de los polluelos se registraron cada 2 días desde la eclosión y hasta el día 20.

El aprovisionamiento de presas al nido es diferente entre machos y hembras. La dieta entregada por los machos presenta mayor proporción de insectos adultos que en el caso de las hembras, que proporcionalmente llevan más larvas.

Las curvas de crecimiento de los pollos de rayaditos fueron diferentes entre machos y hembras. Aproximadamente a los 10 días de edad, los polluelos alcanzan un peso estable, y se observa que las hembras pesan menos que los machos.

La proporción de sexos de las nidadas no se correlaciona con la calidad de la dieta entregada por los padres. Se discuten como factores importantes que pueden estar relacionados con las diferencias en el aprovisionamiento y en las tasas de crecimiento de los rayaditos, las variables ambientales y una posible diferenciación de nicho intersexual.

Abstract

The growth rate of broods and the sex ratio in each nest, some birds can affect the supply of prey to the nest by the parents. The aim of this study was to evaluate whether there are differences in the behavior of provisioning and growth by sex of broods, in a population of Thorn-tailed Rayadito or Rayadito (*Aphrastura spinicauda*). The research was conducted on Navarino Island (55 ° 04'59 " S, 67 ° 40'0 " W). The relationship between the quality of the diet given to the broods and the sex ratio in the nest was evaluated. The diet was determined from recordings of parental visits to the nest boxes during the period of parental care for broods. The weights of chicks were recorded every 2 days from hatching until day 20.

Provisioning prey to the nest is different between males and females. The diet given by males has higher proportion of adult insects that in the case of females that carry proportionately more larvae.

Growth curves of broods were different between males and females. Approximately 10 days old, the chicks reach a stable weight, and observed that females weigh less than males.

The sex ratio of broods is not associated with diet quality delivered by parents. Are discussed factors that may be related to differences in provisioning and growth rates of Rayaditos, like environmental causes and possible intersexual niche differentiation.

1. Introducción

El cuidado parental es una estrategia que aumenta la supervivencia de la progenie, aunque resulta muy costosa en términos energéticos y de oportunidades para los progenitores (Clutton- Brock 1991, Trivers 1972, Lack 1968).

En algunas especies de aves cuyos polluelos presentan desarrollo altricial los progenitores pueden modificar la asignación de recursos, variando la frecuencia de aprovisionamiento, así como el tamaño y el tipo de presa que proveen a su nidada (Goodbred & Holmes 1996, Banbura *et al.* 2001, Mitrus *et al.* 2010a_b). Estas variaciones en la asignación de recursos inciden directamente en la sobrevivencia de la descendencia y podrían deberse a diversas causas, desde la disponibilidad de recursos y las demandas energéticas, hasta el tipo de estrategia reproductiva, conflictos paterno-filiales, conflictos sexuales y proporción de sexos de la nidada, entre otros (Breitwisch *et al.* 1986, Sasva'ri 1986, Schadd & Ritchison 1998, Hamer *et al.* 2006, Mitrus *et al.* 2010a_b, Wright *et al.* 1998, Rauter *et al.* 2000, Banbura *et al.* 2001; Wedell *et al.* 2006).

En general, en especies de aves monógamas la inversión parental en el cuidado de la progenie suele ser equitativa entre ambos sexos (Lack 1968, Trivers 1972). Aunque, en el caso del aprovisionamiento de alimento existen estudios con diversos resultados, de estos estudios la mayor parte se han centrado en la frecuencia de aprovisionamiento y muy pocos han evaluado diferencias en cuanto al tipo de alimento que los adultos llevan a sus nidos. Por ejemplo, algunos estudios han mostrado que los esfuerzos de aprovisionamiento de alimento al nido son equitativos entre los machos y las hembras, en *Ammodramus savannarum* (Adler & Ritchison 2011) y en *Icteria vixens* (Schadd & Ritchison 1998).

En cambio, en *Ficedula parva* la frecuencia de alimentación a las crías, varía significativamente según el sexo del progenitor y la edad de los polluelos (Mitrus et al. 2010a_b).

Algunos de los estudios que han evaluado la composición de la dieta provista por los padres, han encontrado diferencias entre machos y hembras. Los machos adultos llevan al nido presas más grandes (Banbura et al 2001), o en mayor cantidad (Hamer et al. 2006). Banbura y colaboradores (2001), reportaron que en *Parus caeruleus* los machos adultos entregan a sus pollos, más orugas y orugas más grandes que las hembras. En cuanto a las causas de estas diferencias, según discuten los autores en el caso de *P. caeruleus*, una posibilidad es que machos y hembras tengan diferentes roles durante el cuidado parental. En esta especie, la hembra ocupa gran parte de su tiempo en desparasitar el nido, ya que estos son infectados por una mosca cuyas larvas hematófagas se desarrollan en los nidos de las aves. Mientras que el macho al no dedicarse a esta tarea, tendría más tiempo para buscar presas de mejor calidad como las larvas de insectos. Otra posible causa de diferencias en el aprovisionamiento de alimento al nido, es la presencia de dimorfismo sexual en el tamaño corporal de los adultos, ya que en aves el tamaño corporal afecta la eficiencia de vuelo, la distancia de vuelo y, por ende, la elección de zonas de alimentación, tal como ha sido descrito en varias especies de aves (e.g., Zavalaga 2007, Welcker 2009, Weimerskirch 2006, García 2008, Randler 2010, Schreiber 1976, Diniz 2011).

La mayoría de estos estudios señalan que el esfuerzo de aprovisionamiento se relaciona directamente con la edad y el tamaño corporal de los pollos (Adler & Ritchison 2011, Goodbred & Holmes 1996). De modo que la conducta de aprovisionamiento por parte de los padres responde a las necesidades fisiológicas de los pollos. Además, se debe

considerar la proporción de sexos de las nidadas, ya que este es un factor que puede afectar la conducta de cuidado parental en general, y particularmente en cuanto a aprovisionamiento de alimentos, si los pollos machos y hembras tienen diferentes tasas de crecimiento (véase Trivers & Willard 1973 , Fernández 2004).

Por otro lado, en aves insectívoras, las presas presentan diferentes valores nutricionales, dependiendo principalmente del contenido de quitina presente en el exosqueleto de los artrópodos capturados (Magrath *et al.* 2004). Los padres pueden variar la dieta otorgada a su prole en cantidad (e.g., frecuencia visitas de aprovisionamiento) y en calidad (variación del contenido de quitina de las presas). Además de la diferencia en calidad entre los diversos tipos de insectos y otros artrópodos, algunas especies procesan las presas de manera de retirar algunas partes menos nutritivas de los cuerpos de los insectos, ya que presentan un alto porcentaje de quitina, la cual tiene tiempos de digestión muy extensos (Karasov 1990, Klasing 1998, Kaspari 1991).

En esta investigación el modelo de estudio es el rayadito, *Aphrastura spinicauda*. Este es un passeriforme perteneciente a la familia Furnariidae (Jaramillo *et al.* 2003), característico de los bosques lluviosos templados de Chile y Argentina. Es un ave insectívora y especialista de bosque. En cuanto a su conducta reproductiva, ha sido descrito como socialmente monógamo, construye nidos en cavidades de árboles, y realiza cuidado bi-parental prolongado, donde la tasa de aprovisionamiento es de aproximadamente 21 hr^{-1} , tanto en machos como en hembras (Moreno *et al.* 2007). Además, presenta solo una postura por temporada reproductiva, con entre 3 a 6 huevos, que son puestos en días alternos e incubados desde el día de puesta del último huevo, lo cual produce una eclosión sincrónica (Moreno *et al.* 2005).



Figura 1. El rayadito, *Aphrastura spinicauda*.

Moreno *et al.* (2007), evaluaron diversos aspectos morfológicos de los adultos, encontrando que no existen diferencias significativas en cuanto a coloración de plumaje, ni a la conducta de cuidado parental basado en frecuencia de alimentación entre machos y hembras (medido como número de visitas al nido por unidad de tiempo). Sin embargo, encontraron diferencias significativas en el tamaño corporal de machos y hembras, donde los machos son entre un 2% y un 10% mayores que las hembras en masa corporal y longitudes de tarso y ala. Moreno *et al.* 2005, ajustaron las curvas de crecimiento de los pollos de esa población, usando una regresión logística, determinaron que los pollos alcanzan el peso asintótico a los 12,9 g, pero no evaluaron posibles diferencias según el sexo de los pollos.

Además, no existen estudios, que determinen la composición de la dieta de los rayaditos, ni que evalúen posibles diferencias en la conducta de aprovisionamiento de machos y hembras adultos.

Por lo tanto, basado en las diferencias morfológicas descritas para el rayadito y a los antecedentes en otras especies de aves anteriormente mencionados, se formulan las siguientes preguntas:

- i. Los adultos machos y hembras de rayadito, al aprovisionar su nido ¿lo hacen capturando el mismo tipo de presa?
- ii. Los pollos machos y hembras de rayadito, ¿tendrán diferencias en cuanto a tasa de crecimiento corporal?
- iii. ¿Existirá asociación entre el aprovisionamiento de los adultos y la proporción de sexos de una nidada?

Se proponen las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: Las diferencias en peso y largo de tarso se asocian a diferencias en la captura de presas. Por lo tanto, se espera que el tipo de presa que capturan los machos y las hembras de rayadito sea diferente.

Hipótesis 2: Las diferencias morfológicas entre machos y hembras se evidencian a temprana edad. Por lo que, se espera que los pollos machos y hembras de rayadito presenten diferentes tasas de crecimiento corporal.

Hipótesis 3: Los pollos machos tienen mayores demandas energéticas, porque crecen más rápido, en comparación con las hembras. Entonces, se espera que los adultos tengan una conducta de aprovisionamiento diferente dependiendo de la proporción de sexos de la nidada.

2. Objetivos

Para poner a prueba las hipótesis enunciadas, se proponen los siguientes objetivos:

2.1 Objetivo general

Evaluar si existen diferencias entre machos y hembras en cuanto al aprovisionamiento de presas al nido por parte de los padres y al crecimiento de los pollos; en una población de rayaditos (*Aphrastura spinicauda*).

2.2 Objetivos específicos

- Identificar el tipo de presa que proveen los padres a sus polluelos a través de video-grabaciones.
- Distinguir el sexo de todos los individuos, usando técnicas moleculares.
- Evaluar el ajuste de tres modelos de crecimiento animal al desarrollo del rayadito.
- Comparar la composición de la dieta entregada por los adultos machos y hembras, y las curvas de crecimiento de los pollos, evaluando si existe asociación entre estos aspectos y la proporción de sexos de las nidadas.

3 Metodología:

3.1 Población en estudio

Se estudió una población ubicada en Isla Navarino, Puerto Williams ($55^{\circ}04'59''S$, $67^{\circ}40'0''O$), durante las temporadas reproductivas de los años 2011 y 2012, 15 parejas en el año 2011 y 14 parejas en el año 2012, de *A. spinicauda* que anidaron en cajas artificiales.

3.2 Captura y toma de muestras

Todos los animales fueron capturados desde las cajas nido, para su identificación y toma de muestra. Todos fueron marcados con anillos metálicos numerados y los adultos además con un par de anillos plásticos de colores, que hacen posible distinguir a cada uno de los padres al observar los videos. Para capturar a los adultos, se instaló una puerta en la entrada de la caja que se cierra cuando el ave entra en su nido. Se registraron las medidas morfométricas tradicionales de todos los animales (peso, largo de cola, largo total, largo del pico, largo de ala) y se extrajo una muestra de sangre punzando la vena braquial con una aguja hipodérmica y recibiendo la gota de sangre con un tubo capilar para micro-hematocrito heparinizado. Esta muestra, se almacenó en una tarjeta se FTA Classic (Whatman®) hasta el posterior análisis en el laboratorio.

3.3 Sexado Molecular

El sexado de todos los individuos se realizó utilizando técnicas moleculares, debido a que los rayaditos no presentan un dimorfismo sexual evidente. Para ello, se usó el kit comercial QIAGEN Inc., Valencia, CA para la extracción de DNA a partir de las muestras de sangre tomadas en terreno desde las tarjetas FTA Classic (Whatman ®). Posteriormente, se utilizó el protocolo de sexado para aves propuesto por Fridolffson & Ellegreen (1999), usado también en rayadito por Moreno *et al.* (2007).

3.4 Composición de la dieta entregada por los adultos

La composición de la dieta que los adultos proveen al nido fue determinada observando grabaciones. Los videos tienen una duración de 240 min para cada caja-nido, y fueron tomados cuando los polluelos tenían 17 días de edad, enfocando la cámara hacia la entrada de cada caja nido. Para observarlos se usó el reproductor de video SMPlayer© versión 0.8.0, que permite controlar la velocidad de reproducción y detener la imagen para captar el momento en que los padres llegan con el alimento a la caja, logrando identificar a las presas a nivel de orden, en el caso de los insectos adultos. En el caso de las larvas y las arañas, se consideraron cada una en un ítem general, debido a que la observación de videos no permite identificar a nivel de orden en estos casos. Aunque también se realizaron grabaciones cuando la nidada tenía 3 y 10 días, estas no fueron incluidas en este estudio, debido a que el tamaño de las presas provistas por los adultos en esos días fue mucho menor que en el día 17, lo cual no permitía identificar el tipo de presa en un video. De modo que para cada caja, se observó 1 video tomado durante la mañana del día 17.

3.5 Curvas de crecimiento

Los pesos de los polluelos se registraron, usando una balanza digital en terreno, cada 2 días en la temporada del 2011 y cada 3 días en la temporada del 2012, desde la eclosión de los huevos hasta el día 20. Luego, se usaron estos valores para ajustar a 3 modelos de crecimiento animal. Los modelos evaluados presentan gráficas que se ajustan a las siguientes ecuaciones: ecuación Logística, ecuación de von Bertalanffy y ecuación de Gompertz. Finalmente, se determinó la curva del modelo con mejor ajuste, se determinó el peso máximo de los pollos machos y hembras.

3.6 Análisis estadístico

Para evaluar si existe diferencia en cuanto a la composición de la dieta que proveen machos y hembras adultos a sus nidos, se utilizaron las siguientes pruebas estadísticas no paramétricas: Análisis de Similitud (ANOSIM) y Análisis de Porcentaje de Similitud (SIMPER), con el software *Past*. Además, paralelamente y con el mismo objetivo, se hizo un Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis Discriminante (DCA), con el software R.

Para ajustar las curvas de crecimiento, se utilizó la herramienta Modelos No Lineales del software *Past*, para la ecuación logística, de von Bertalanffy y de Gompertz. Luego, para comparar entre las asíntotas de machos y hembras se realizó un ANDEVA anidado. Finalmente, se realizó una correlación entre calidad de dieta y proporción de sexos de las nidadas, utilizando el porcentaje de larvas como indicador de calidad de dieta y el porcentaje de machos para la proporción de sexos de cada nido.

4 Resultados

4.1 Tamaño de muestra, individuos y sexo

En ambos años se tuvo un éxito de muestreo cercano al 8%. En el año 2011, 18 parejas de rayadito anidaron en las cajas, de las cuales 15 pudieron ser usadas en el análisis de composición de dieta debido a que la calidad de algunos videos no permitió distinguir el tipo de presa.

La figura 2, muestra un ejemplo de los geles obtenidos en el proceso de sexado molecular. En el año 2011, hubo 15 hembras y 14 machos adultos, y se obtuvo datos suficientes del peso de los pollos en 8 cajas, por lo que se incluyeron en el análisis 40 pollos en total para ese año. En el año 2012, de las 14 cajas hubo 14 hembras y 13 machos adultos y se obtuvo datos suficientes del peso de los pollos en todas las cajas, por lo que se incluyeron en el análisis 61 pollos.

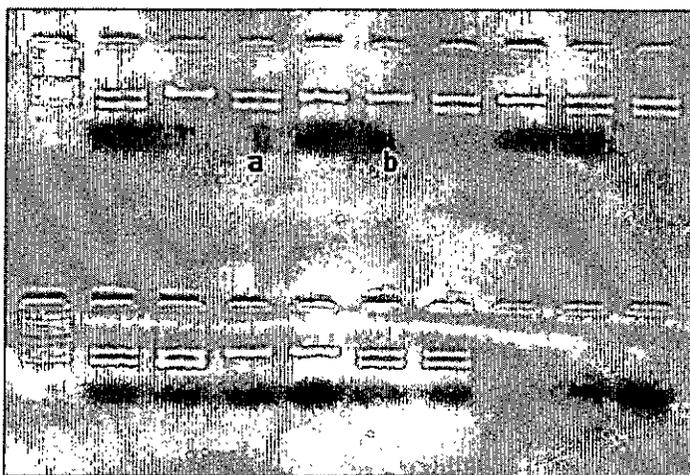
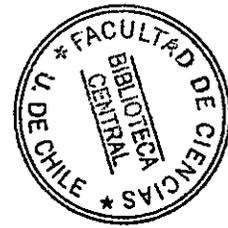


Figura 2 : Gel de electroforesis. **a.** 2 bandas fluorescentes que corresponden a los cromosomas sexuales del sexo heterogamético, la hembra. **b.** 1 banda fluorescente que corresponde a los cromosomas del sexo homogamético, el macho.



4.2 Aprovechamiento de presas al nido

Los adultos proveen diversos artrópodos como alimento a sus pollos, llevando insectos adultos, larvas de insectos y arácnidos adultos. La composición de la dieta de los pollos de rayadito está dominada por larvas de insectos en un 70,2%, la mayoría de éstas corresponden al orden Lepidóptera de la familia Geometridae. Aunque también se observaron larvas de otros ordenes como Coleóptera y Díptera, se consideraron todas ellas como un solo ítem, debido a su similitud en cuanto a valor nutricional. En la Figura 4, se puede ver un ejemplo de fotograma que capta el momento en que uno de los adultos trae una larva a su nido. El resto de las presas fueron lepidópteros adultos en un 10,7%, dípteros en un 8,9%, arácnidos en un 7,2% y otros insectos adultos en porcentajes menores (véase Tabla 1).

Al comparar la dieta provista por los adultos machos y hembras, se observa que en ambos casos las larvas son mayoritarias. Sin embargo, las hembras proveen un mayor porcentaje de larvas que los machos. La dieta que proveen los machos presenta una mayor proporción de insectos adultos, en comparación con la dieta entregada por las hembras (Tabla 1 y Figura 3). Esta diferencia en composición de la dieta que entregan los adultos es estadísticamente significativa entre machos y hembras de rayadito, según ANOSIM ($p = 0,0005$; véase Tabla 2). El análisis SIMPER (Tabla 2), indica que el ítem que más aporta a la diferencia entre el grupo de machos y el grupo de hembras, corresponde a larvas, contribuyendo en un 59,11%. En orden decreciente, le sigue el ítem lepidópteros con un 13,44 %, dípteros con un 13,03% y arácnidos con un 9,33% de contribución a la diferencia entre machos y hembras.

Por su parte el PCA, muestra que el primer componente está fuertemente asociado al vector generado por el ítem larvas y el segundo componente está fuertemente asociado al vector generado por el ítem dípteros y, aunque en menor medida, también al de lepidópteros. La Figura 5a, muestra que los machos y las hembras se agrupan separadamente y que esta situación se mantienen en ambos años. En la Figura 5b, se puede ver que las hembras proveen una dieta cuyos ítems se encuentran más restringidos al primer componente, es decir a las larvas. La elipse de las hembras está contenida en la de los machos y tiene una excentricidad mucho mayor, por lo que está más asociada al primer componente que al segundo.

En la Figura 6b, el grafico del Análisis Discriminante muestra que la diferencia entre machos y hembras, que ocurre tanto en el año 2011 como en el 2012, se debe principalmente a los ítems dípteros y larvas. La diferencia entre ambos años es un poco mayor en los machos, como se puede ver en la misma figura, esa diferencia está principalmente asociada a los vectores generados por los ítems coleópteros y neurópteros (ver Figura 6a y Tabla 4).

Tabla 1 . Composición de la dieta entregada por machos y hembras

	Total	Hembras	Total	Machos	Total	Total
	Suma	%	Suma	%	Suma	%
Larvas	1185	78,8	765	60,0	1950	70,2
Lepidópteros	110	7,3	188	14,7	298	10,7
Arácnidos	108	7,2	92	7,2	200	7,2
Dípteros	70	4,7	176	13,8	246	8,9
Coleópteros	21	1,4	31	2,4	52	1,9
Neurópteros	10	0,7	23	1,8	33	1,2

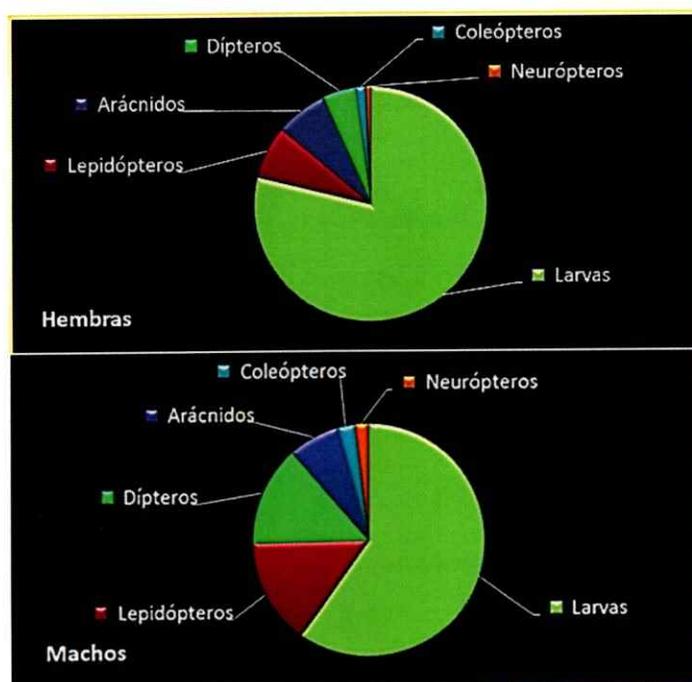


Figura 3. Composición relativa de la dieta entregada por adultos machos y hembras a crías de *A. spinicauda*.



Figura 4. Ejemplo de un fotograma obtenido con el reproductor de video SMPlayer©, se observa el momento en el que uno de los padres llega con una larva a su nido.

Tabla 2 . Valores de los análisis ANOSIM Y SIMPER. Basado en distancias de Bray-Curtis , con corrección de Bonferroni.

ANOSIM			
R = 0,1566 ; p = 0,0005 ; Permutación n = 9999			
SIMPER			
	Ítem	Contribución %	Acumulado %
	Larvas	59,11	59,11
	Lepidópteros	13,44	72,54
	Dípteros	13,03	85,57
	Arácnidos	9,332	94,9
	Coleópteros	3,16	98,06
	Neurópteros	1,937	100

➤ Análisis de Componentes Principales (PCA)

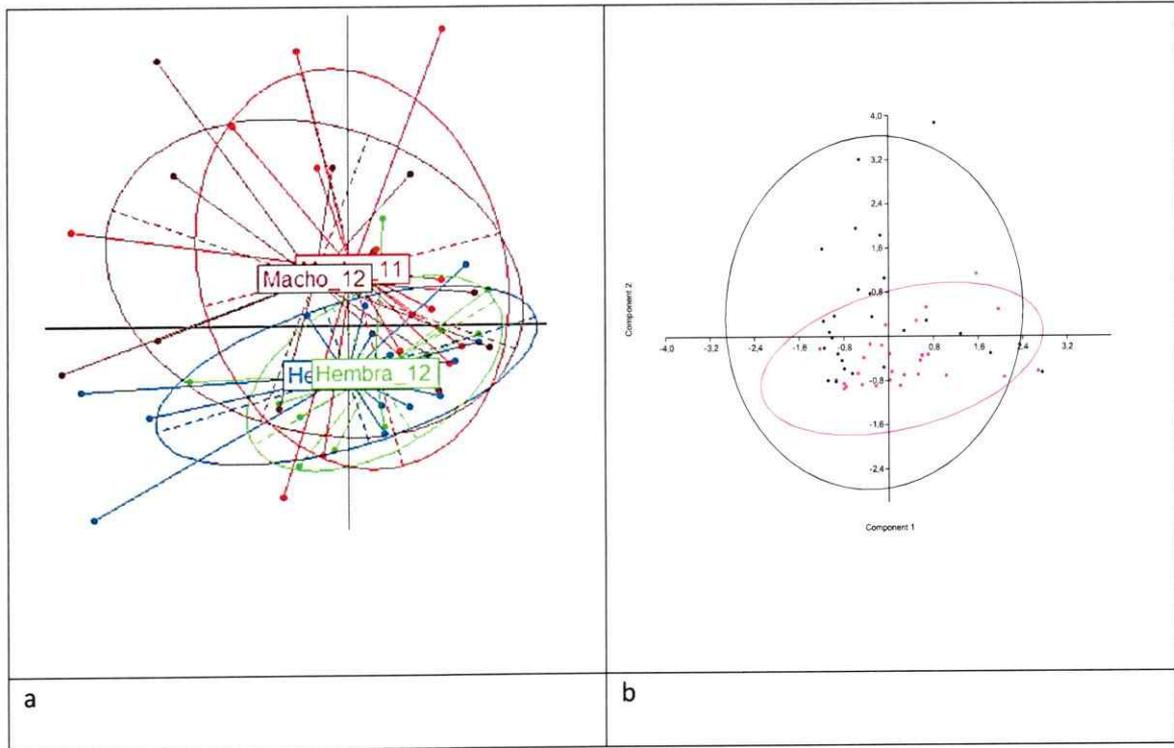


Figura 5. Grafico del PCA por año y sexo. En (a) se muestran en diferentes colores machos y hembras de cada año. En (b) se muestran en negro la elipse que representa el 95% de los datos correspondientes a los machos de ambos años; en fucsia la elipse que representa el 95% de los datos correspondientes a las hembras de ambos años.

Tabla 3. Valores de PCA para ambos años

	Componente 1	Componente 2
Larvas	0,9993	0,0060
Dípteros	0,0025	0,9095
Coleóptero	0,0203	0,0715
Neuróptero	-0,0074	0,0200
Lepidóptero	-0,0244	0,4084
Arácnido	-0,0149	-0,0220

➤ **Análisis Discriminante**

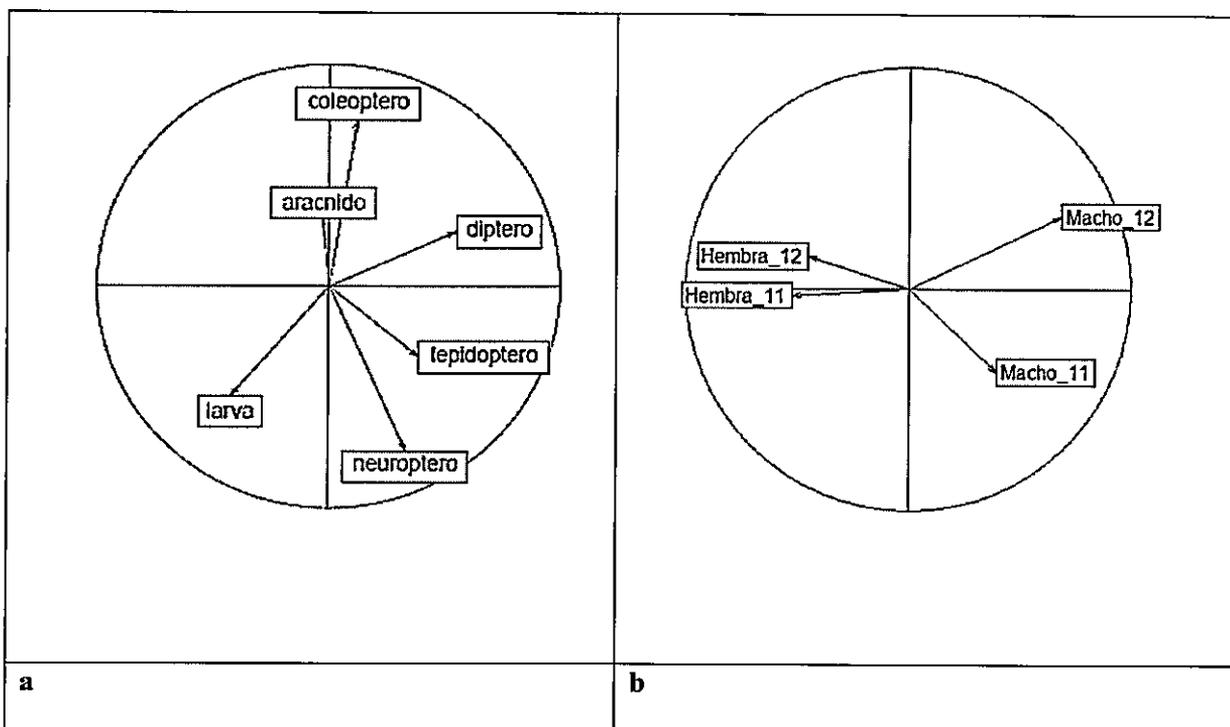


Figura 6. Gráficos del Análisis Discriminante por año y sexo. En a se muestran los vectores de cada ítem de la composición de la dieta. En b se muestran los centroides de ambos años, para machos y hembras.

Tabla 4. Valores de Análisis Discriminante para ambos años

	DS1	DS2
<u>Larvas</u>	-0,42447947	-0,4969918
Arácnidos	-0,02653393	0,3049908
<u>Dípteros</u>	0,54752992	0,2481866
<u>Coleópteros</u>	0,11929584	0,7508234
<u>Neurópteros</u>	0,33108653	-0,7432061
Lepidópteros	0,38661976	-0,3196521



4.3 Crecimiento de pollos

4.3.1 Comparación entre modelos de crecimiento animal.

El cálculo del índice de Akaike fue posible con los datos de los pesos de pollos del año 2011, ya que para este año los pesos se midieron con más frecuencia (cada 2 días) y por lo tanto hubo datos suficientes para la estimación con el programa estadístico. En cambio para los datos del 2012 no fue posible calcular el índice de Akaike. La comparación basada en el índice de Akaike indica que el crecimiento de los rayaditos se ajusta mejor a los modelos de la ecuación de Gompertz y de la ecuación Logística, que al de la ecuación de von Bertalanffy (Tabla 5, Figura 7). El modelo de la ecuación logística es el que se ajusta mejor de los 3 evaluados, ya que presenta el menor valor promedio de Akaike IC (Akaike $IC = 22,37 \pm 1,66$).

Tabla 5: Índices de Akaike IC para tres modelos de crecimiento animal, ajustados a los valores de los pesos de los pollos de rayadito del 2011.

Modelo	Promedio	ES	D.S
Gompertz	28,55	2,34	14,81
Bertalanffy	106,47	21,98	139,04
Logístico	22,37	1,66	10,47

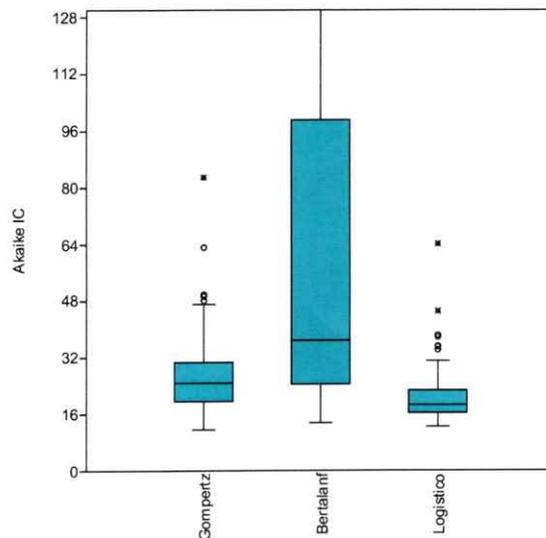


Figura 7: Boxplot para valores de Akaike IC de los modelos de crecimiento animal mostrados en la tabla 5.

4.3.2 Peso máximo de los pollos

Usando el parámetro A del modelo logístico, es decir la asíntota de la curva de crecimiento, se obtienen los valores de los pesos máximos para machos y hembras del 2011 y 2012 (Tabla 6). Los valores de peso asíntótico son mayores en los machos que en las hembras, en ambos años (ANDEVA anidado $p = 2,96e-06$). Además, en la Figura 8, se puede ver la curva del modelo logístico para el crecimiento de machos y hembras del año 2011, donde se observa que los machos pesan más que las hembras desde el día 10 aproximadamente.

Tabla 6. Peso asintótico estimado (media \pm DE) para las curvas de crecimiento de pollos según sexo (ANDEVA anidado $p = 2.96e-06$).

Año	Sexo	A \pm DE (g)
2011	Machos	16,07 \pm 0,63
	Hembras	14,11 \pm 0,51
2012	Machos	15,51 \pm 0,93
	Hembras	13,68 \pm 0,80

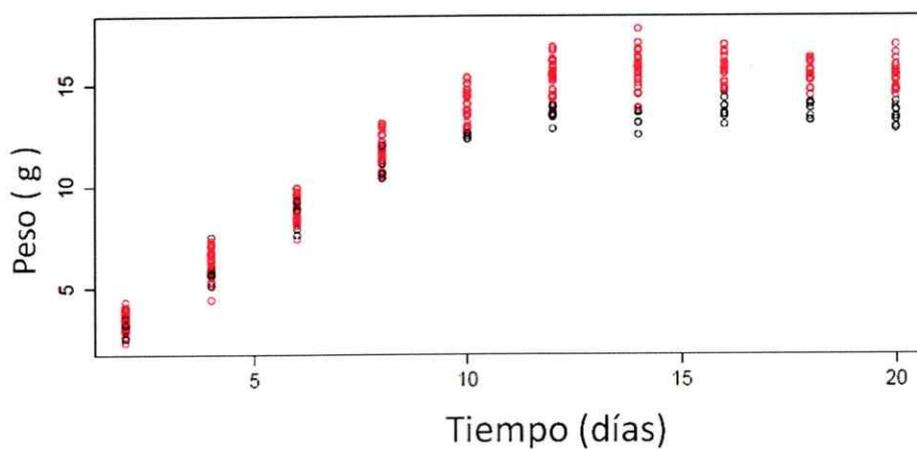


Figura 8. Curva de crecimiento de los pollos del año 2011, utilizando modelo de regresión logística. Los círculos rojos representan los valores medidos para los machos y los círculos negros representan los valores medidos para las hembras.

4.4 Calidad de dieta y proporción de sexos de las nidadas

La distribución de la proporción de sexos en los nidos es estadísticamente normal ($p = 0,032$), lo más frecuente es que los nidos tengan cerca de un 60% de pollos machos en ambos años (Figura 9). En ningún año hubo algún nido que tuviera 100% de machos.

El valor de la correlación, entre calidad de dieta y proporción de sexos de las nidadas, utilizando el porcentaje de larvas como indicador de calidad de dieta y el porcentaje de machos para la proporción de sexos de cada nido, resulta cercano a 0 (Figura 10, $r = -0,1048$; $R^2 = 0,011$; $p = 0,2491$). Por lo tanto, la proporción de sexos de las nidadas no se correlaciona con la calidad de la dieta entregada por los padres.

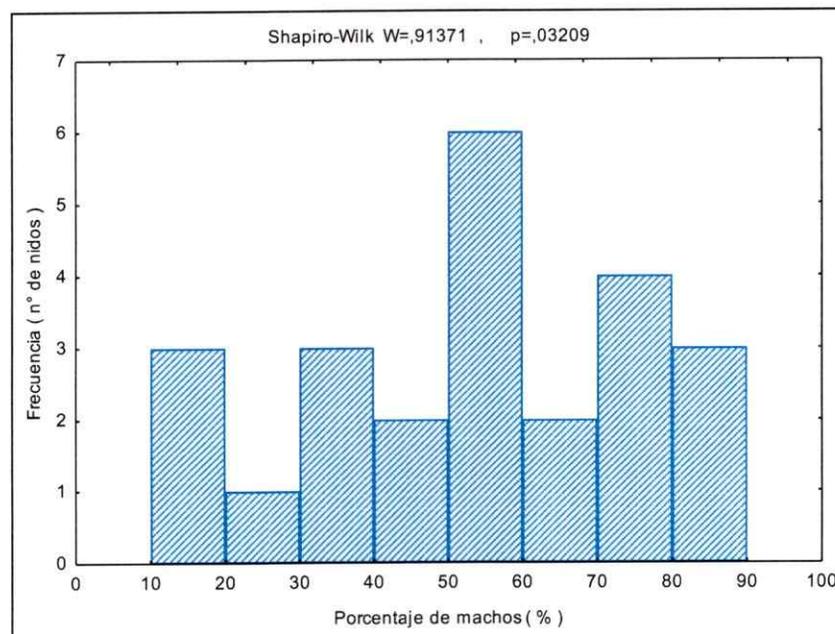


Figura 9. Histograma de la proporción de sexos de los nidos para ambos años, 2011 y 2012.

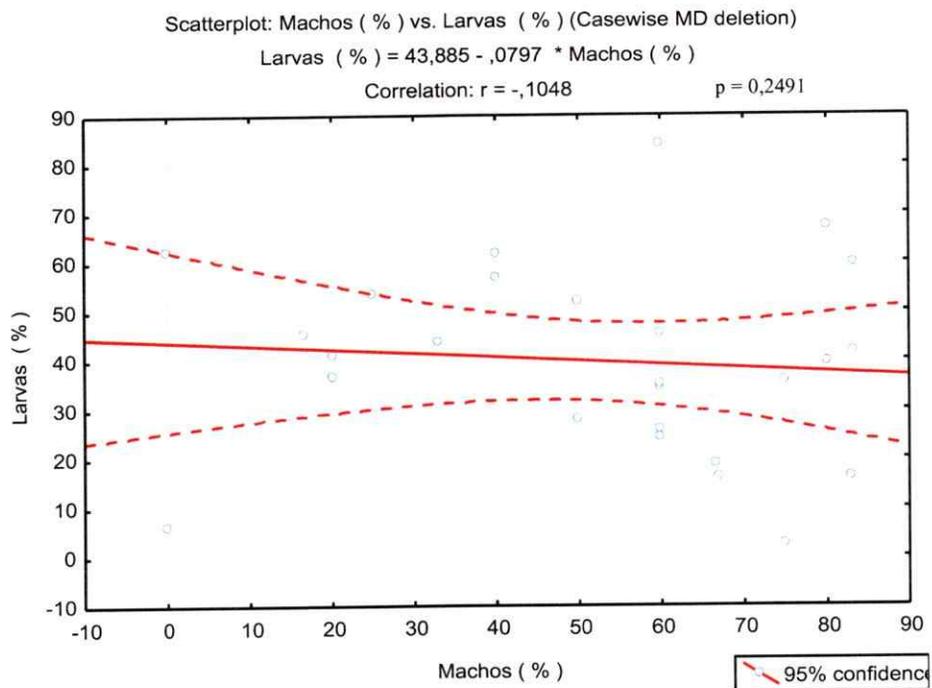


Figura 10. Relación entre porcentaje de larvas y porcentaje de machos, donde la línea continua es la tendencia y la línea punteada es el intervalo de confianza.

5 Discusión

La conducta de cuidado parental en el rayadito, específicamente el aprovisionamiento de presas al nido, es diferente entre machos y hembras. Tal como en otras aves insectívoras, las larvas son el principal componente de la dieta de los pollos, en cantidad y en valor nutricional. Las hembras seleccionan con más frecuencia presas del tipo larvas de insectos, que los machos. Los machos adultos proporcionan a los pollos de su nidada una dieta de composición más diversa, con una mayor proporción de insectos adultos, que la entregada por las hembras. Este resultado apoya la hipótesis 1 propuesta en la introducción de este trabajo y concuerda con otros estudios donde la conducta de aprovisionamiento en aves es diferente entre machos y hembras (véase e.g., Banbura *et al.* 2001, Hamer *et al.* 2006).

En el rayadito, tal como en otras especies de aves (Zavalaga 2007, Welcker 2009, Weimerskirch 2006, García 2008, Randler 2010, Schreiber 1976, Diniz 2011), las diferencias conductuales en el aprovisionamiento de presas al nido, pueden deberse a las diferencias morfológicas de peso y largo de tarso, ambas mayores en los machos (Moreno *et al.* 2007). Tal como se ha propuesto para otras especies de aves, esto podría constituir una diferenciación de nicho intersexual en el rayadito (véase: Przybylo 1995, Przybylo & Merilä 2000, Gosler 1987, Selander 1966).

En cuanto al crecimiento de los rayaditos, basado en la predicción de la hipótesis 2, se esperaba que los machos y las hembras presentaran diferentes tasas de crecimiento, sin embargo los resultados dicen que existe diferencia en el proceso de crecimiento de los pollos, pero no en la tasa o velocidad de este, sino en el peso máximo alcanzado. Tanto machos como hembras alcanzan el peso asintótico cerca del día 10 desde la eclosión, en una curva de crecimiento logística. De todas formas, los rayaditos machos son más grandes que las hembras al final del periodo de cuidado parental, por ello se esperaba que la proporción de sexos de las nidadas afectara la conducta de aprovisionamiento de los padres, sin embargo esta predicción de la hipótesis 3 no se cumple, por lo que no se encuentra evidencia que apoye esta hipótesis.

Finalmente, como proyecciones de este estudio, se proponen 2 aspectos que deberían ser considerados en futuros análisis. Primero, incluir factores externos como la temperatura ambiental y hora del día, ya que estos podrían afectar el aprovisionamiento de alimento al nido por parte de los padres. En el caso del rayadito, la hora en que se grabaron los videos pudo afectar en cuanto a la disponibilidad de presas, ya que la temperatura ambiental varía durante el día y con ello la actividad de los insectos. Segundo, evaluar una posible asociación con la depredación de los nidos, ya que en algunos casos la depredación se relaciona con la conducta de cuidado parental de los machos (Björnstad & Lifjeld 1996). Este aspecto, podría estudiarse entre las poblaciones de rayadito presentes en Chile a diferentes latitudes, en donde los nidos sufren distintos grados de depredación por parte de diferentes especies de animales (véase Ippi *et al.* 2011, 2013).

6 Conclusiones

El rayadito *Aphrastura spinicauda*, presenta dimorfismo sexual en la conducta de aprovisionamiento parental y en el crecimiento de los pollos. Los pollos machos alcanzan un peso máximo mayor que el de las hembras. Sin embargo, la proporción de sexos de las nidadas no afecta el aprovisionamiento de presas por parte de los padres.

7 Bibliografía

- Adler, J., & G. Ritchison.** (2011) Provisioning behavior of male and female Grasshopper Sparrows. *Wilson Journal of Ornithology* 123: 515-520.
- Banbura J, Perret P, Blondel J, Sauvages A, Galan MJ & MM** (2001) "Sex differences in parental care in a Corsican Blue Tit *Parus caeruleus* population", *ARDEA-TNED*, 89(3), , pp. 517-526
- Bjbrnstad G & Lifjeld J T** (1996) Male parental care promotes early fledging in an open-nester, the Willow Warbler *Phylloscopus trochilus*. *Ibis* 138: 229-235.
- Breitwish R, Merrit P & G Whitesides** (1986) Parental investment by the Northern Mockingbird: Male and Female Roles in Feeding Nestlings. *The Auk* 103: 152–159.
- Clutton-Brock T H & C Godfray** (1991) "Parental investment" in Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach. Edited by J.R. Krebs and N.B. Davies, pp. 234-262. Boston: Blackwell.
- Diniz P** (2011) Sex-dependent foraging effort and vigilance in coal-crested finches, *Charitospiza eucosma* (Aves: Emberizidae) during the breeding season: evidence of female-biased predation?. *Zoología* 28 (2) :165-176
- Fernández Martins T L** (2004) Sex-specific growth rates in zebra finch nestlings: a possible mechanism for sex ratio adjustment. *Behavioral Ecology* Vol. 15 N°. 1: 174–180
- Fridolffson A & H Ellegreen** (1999) A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds *Journal of Avian Biology*, 30: 1. 116-121
- García S & M López-Victoria¹** (2008) Diferencias entre sexos en el tamaño corporal y la dieta en el piquero de nazca (*Sula granti*). *Ornitología Colombiana* 7:59-65
- Goodbred C. O. & R. T. Holmes** (1996) Factors Affecting Food Provisioning of Nestling Black-Throated Blue Warblers. *The Wilson Bulletin* Vol. 108, No. 3 pp. 467-479
- Gosler A** (1987) Sexual dimorphism in the summer length of the Great Tit. *Ardea* 75: 91-98

Hamer K, Quillfeldt P, Masello J F, & K L Fletcher (2006) Sex differences in provisioning rules: responses of Manx shearwaters to supplementary chick feeding. *Behavioral Ecology* 17 (1): 132-137.

Ippi S, Vásquez R, Moreno J, Merino S & Villavicencio C. P. (2013) Breeding biology of the Southern House Wren on Chiloe Island, southern Chile. *The Wilson Journal of Ornithology* 124:531-537.

Ippi S, Vásquez R, van Dongen W F. D & I Lazzoni (2011) Geographical variation in the vocalizations of the suboscine Thorn-tailed Rayadito *Aphrastura spinicauda*. *Ibis* 153(4):789 - 805.

Jaramillo A (2005) *Aves de Chile*. Lynx ediciones, Barcelona, 240 pp.

Karasov W. H. (1990) Digestion in birds: chemical and physiological determinants and ecological implications. *Studies in Avian Biology* 13:319-415.

Kaspari, M. (1990) Prey preparation and the determinants of handling time. *Animal Behaviour* 40:118-126.

Klasing, K. C. (1998) *Comparative avian nutrition*. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

Lack D (1968) *Ecological adaptations for breeding in birds*. Methuen, London.

Magrath M J L, van Lieshout E, Visser G H and J. Komdeur (2004) Nutritional bias as a new mode of adjusting sex allocation. *Proceedings of The Royal Society. Lond. B* 271, S347-S349

Mitrus C, Mitrus J & M Sikora (2010a) Sex Differences in the Rate of Food Provisioning to Nestlings Red-Breasted Flycatchers (*Ficedula parva*). *Annales Zoologici Fennici* 47:2, 144-148

Mitrus C, Mitrus J & M Sikora (2010b) Changes in nestling diet composition of the red-breasted flycatcher *Ficedula parva* in relation to chick age and parental sex. *Animal Biology* 60: 319-328

Moreno J, Merino S, Lobato E, Rodríguez-Gironés M A & R Vásquez (2007) Sexual dimorphism and parental roles in the thorn-tailed rayadito (Furnariidae). *The Condor* 109(2):312-320

Moreno J, Merino S, Vásquez R & J Armesto (2005) Breeding biology of the thorn-tailed rayadito (Furnariidae) in south-temperate rainforests of Chile. *The Condor* 107(1):69-77

Przybylo R (1995) Intersexual niche differentiation: Field data on the Great tit (*Parus major*). *Journal of Avian Biology*, 26: 20–24.

Przybylo R & J Merilä (2000) Intersexual niche differentiation in the blue tit (*Parus caeruleus*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 69: 233–244.

Randler C, Pentzold S & C Teichmann (2010) Weather conditions and sexual differences affect the foraging behavior of the insectivorous Cyprus Wheatear, *Oenanthe cyprica* (Aves: Passeriformes: Muscicapidae). *Vertebrate Zoology* 60(2) : 175-181

Rauter C.M., Brodmann P.A. & H.-U . Reyer (2000) Provisioning behavior in relation to food availability and nestling food demand in the Water Pipit *Anthus spinoletta*. *Ardea* 88(1) : 81-90.

Sasva'ri L (1986) Reproductive Effort of Widowed Birds. *Journal of Animal Ecology*, Vol. 55, No. 2, pp. 553-564

Schadd, C. A. & G. Ritchison (1998) Provisioning of nestlings by male and female Yellow-breasted Chats. *Wilson Bulletin* 110:398-402

Schreiber R W & D A. HENSLEY (1976) The Diets of *Sula dactylatra*, *Sula sula*, and *Fregata minor* on Christmas Island, Pacific Ocean. *Pacific Science* 30, 3: 241-2 48

Selander R (1966) Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *Condor* 68: 113-151

Trivers R L (1972). Parental investment and sexual selection. In B. Campbell (Ed.), *Sexual selection and the descent of man, 1871-1971* (pp. 136-179). Chicago, IL: Aldine. ISBN 0-435-62157-2

Trivers R L & Willard D E (1973) Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science* 179: 90-92.

Wedell N., Kvarnemo C., Lessells C.K.M. & T. Tregenza (2006) Sexual conflict and life histories. *Animal Behaviour* 71: 999–1011

Weimerskirch H (2006) Sex-specific foraging behaviour in a seabird with reversed sexual dimorphism: the red-footed booby. *Oecologia* 146: 681–691

Welcker J, Steen H, Harding A M & G W Gabrielsen (2009) Sex-specific provisioning behaviour in a monomorphic seabird with a bimodal foraging strategy. *Ibis* (2009), 151, 502–513

Wright J, Both C, Cotton P A & D Bryant (1998) Quality vs. Quantity: Energetic and Nutritional Trade-Offs in Parental Provisioning Strategies. *Journal of Animal Ecology*, Vol. 67, No. 4 pp. 620-634

Zavalaga C B, Benvenuti S, Dall'Antonia L & S D Emslie (2007) Diving behavior of blue-footed boobies *Sula nebouxii* in northern Peru in relation to sex, body size and prey type. *Marine Ecology Progress Series*, 336: 291–303