



## ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE AVES EN AMBIENTES CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL MONTE DE ARGENTINA

Gustavo A. Fava<sup>1</sup> · Juan C. Acosta<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de la Geósfera y Biósfera (CIGEOBIO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Universidad Nacional de San Juan, Av. Ignacio de la Roza 590 (J5402DCS), Rivadavia, San Juan, Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Biología, Facultad Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Av. Ignacio de la Roza 590 (J5402DCS), Rivadavia, San Juan, Argentina.

E-mail: Gustavo Fava · gustavo.fava21@gmail.com

**RESUMEN** · Las modificaciones antrópicas en el ecosistema suelen tener un impacto importante en su fauna. Estudios ecológicos consideran a las aves como buenas indicadoras de estos cambios. Sin embargo, en ambientes áridos y semiáridos de América del Sur estos estudios son limitados. En este trabajo analizamos los cambios en la riqueza y abundancia de aves en función de ambientes con diferente grado de perturbación antrópica, de las estaciones del año y de la velocidad del viento. El área de estudio está ubicada en la localidad Villa Aberastain, Pocito, San Juan, Argentina. Los muestreos se realizaron en transectas en tres ambientes contrastantes (Zona Rural, Llanura Pedemontana y Quebrada Precordillerana) y en tres momentos de las estaciones del año (otoño–invierno, primavera y verano). Detectamos 41 especies de aves, pertenecientes a 22 familias. La riqueza y la abundancia de aves fueron mayores en el ambiente más perturbado (Zona Rural). La abundancia de aves fue mayor durante la primavera, mientras que la riqueza no varió de manera significativa a lo largo del tiempo. El gremio de aves granívoras fue el más abundante y junto con las aves insectívoras de sustrato presentaron el mayor número de especies. Las aves nectarívoras mostraron una mayor abundancia y riqueza en ambientes de quebradas precordillerana, mientras que las insectívoras de sustrato lo fueron en ambientes con mayor perturbación (Zona Rural). En todos los casos, la abundancia de aves fue menor a mayor intensidad de viento. Al igual que en otros estudios, los ambientes con modificaciones antrópicas del desierto del Monte presentan comunidades de aves diferentes a los ambientes naturales circundantes, con mayor riqueza pero también con mayor abundancia de especies introducidas (*Columba livia* y *Passer domesticus*).

### **ABSTRACT** · Abundance and diversity of birds in environments with different degrees of human disturbance in the Argentine Monte

Anthropic ecosystem modifications usually have considerable impact on the resident fauna. Ecological studies have recognized birds as good indicators of these changes; nevertheless, little research has been conducted regarding the consequences of disturbance specifically on arid and semi-arid environments of South America. This study analyzes how various parameters, including differing degrees of anthropic modification, seasonal variation, and wind velocity, affect richness and abundance of bird species as well as trophic guilds in the Monte ecoregion of San Juan, Argentina. We recorded 41 bird species during our surveys, belonging to 22 families. The most human-modified environments had the highest levels of richness and abundance. Bird abundance was highest in spring, while richness did not vary significantly with season. The granivorous guild was the most abundant and, together with the ground-foraging insectivores and granivorous-insectivores, represented the majority of the species (58,5%). Aerial-feeding insectivores and nectarivores were more common in mountain ravines while ground-foraging insectivorous species were mainly found in human-modified areas. In all cases, higher wind speed correlated with reduced bird abundance. Even though bird richness and abundance were highest in modified environments, these habitats harbored bird communities that differed substantially from surrounding natural environments, and with dominance of introduced species (*Columba livia*, *Passer domesticus*).

**Key words:** Abundance · Argentina · Desert · Habitat degradation · Monte ecoregion · Seasonal variation · Trophic guilds · Wind velocity

Receipt 9 December 2013 · First decision 15 May 2014 · Acceptance 20 December 2016 · Online publication 31 December 2016

Communicated by Ignacio Roesler © The Neotropical Ornithological Society

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrícolas son en ocasiones considerados desiertos biológicos que aíslan fragmentos del hábitat (Houston & Schmutz 1999, Murphy 2003), alteran la abundancia y la riqueza de la fauna (Rappole & Morton 1985, Ubeda & Griguera 2003) como también las interacciones tróficas e interespecíficas (Murcia 1995, Codesido et al. 2008). Sin embargo, existen estudios que afirman que los agroecosistemas pueden proporcionar beneficios y mejoras ambientales importantes, tales como la polinización y el control biológico (Tscharrntke et al. 2007).

La riqueza de aves en los ecosistemas desérticos es generalmente menor que en ambientes más húmedos de la misma región (Wiens 1991, Blendinger 2005). En estos ambientes las aves se enfrentan a duras condiciones ambientales (Blendinger 2005) y su composición en los desiertos puede ser muy variable en el espacio y en el tiempo (Schodde 1982, Dean 1997). Estudios previos en zonas áridas y semiáridas de Argentina sugieren que las aves son sensibles a la modificación estructural del hábitat (Marone 1990a; Marone et al. 1997; Gonnet 2001) y algunas especies pueden desaparecer mientras que otras persisten (Bryce et al. 2002). En consecuencia, el efecto de las modificaciones del ambiente, tanto antrópicas como naturales (erosión, lixiviación, meteorización, etc.) determinan la variación espacial de la composición de aves y pueden indicar patrones o umbrales de impactos ambientales (Isacch et al. 2005, Ramadan-Jaradi 2011). Por esto, las aves son consideradas como excelentes indicadores ecológicos y facilitan evaluar cambios en los hábitats (Bibby et al. 1998, Milesi et al. 2002).

Hasta el momento, son escasos los estudios enfocados en comprender los cambios en la avifauna entre ambientes del desierto del Monte con diferentes perturbaciones, más que nada el impacto por incendios (Marone 1990b, Milesi et al. 2002). Tal es así que actualmente no se conoce como afecta el impacto del avance de la agricultura sobre los ambientes naturales. Para investigar este aspecto, el objetivo de este trabajo fue estudiar como varía la riqueza y abundancia de aves del desierto del Monte en ambientes contrastantes y con diferente grado de perturbación antrópica, a lo largo de las estaciones del año y en función de la velocidad del viento. Este análisis fue realizado en el contexto de la comunidad y también agrupando las aves en gremios tróficos.

## MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se llevó a cabo en la localidad de Villa Aberastain (31°39'S, 68°37'O), cabecera departamental de Pocito, aproximadamente 15 km al sur de la capital de la provincia de San Juan, Argentina. Esta localidad se encuentra ubicada en la provincia fitogeográfica del Monte (Cabrera 1976), que se caracteriza por precipitaciones inferiores a los 200 mm anuales y con grandes variaciones anuales de

temperatura (valores máximos absolutos superiores a 45°C y valores mínimos absolutos de 5°C por debajo de cero). En el área de estudio (Figura 1) se estratificaron y seleccionaron tres ambientes:

1) “Zona Rural”, ubicado en el área llana entre 630–635 m s.n.m., con una gran influencia humana. Los rasgos distintivos de este ambiente son la actividad agropecuaria extensiva e intensiva (66%) que ha aumentado notablemente en las últimas tres décadas (Vargas André et al. 2010). Presenta un predominio de flora introducida, por ejemplo plantaciones de cultivos de vid (*Vitis vinifera*, Vitaceae), de olivo (*Olea europea*, Oleaceae), de frutales (*Prunus* spp., Roseaceae) y la influencia de un canal principal de riego (Canal Ing. Guillermo Céspedes), junto a canales de menor caudal.

2) “Llanura Pedemontana”, área con desniveles entre 640–815 m s.n.m. y con baja influencia humana. La vegetación predominante incluye especies de la fitoprovincia del Monte como jarilla macho (*Larrea cuneifolia*, Zygophyllaceae), retamo (*Bulnesia retamo*, Zygophyllaceae), bola indio (*Tephrocactus aorancanthus*, Cactaceae) y rosetilla (*Plectrocarpa tetraacantha*, Zygophyllaceae). Este ambiente se caracterizó por presentar escorrentías superficiales esporádicas con suelo arenoso-pedregoso y alto niveles de infiltración.

3) “Quebrada Precordillerana”, incluye zonas de laderas y valles de precordillera entre 885–1535 m s.n.m., con muy baja perturbación humana. La vegetación se compone por especies del género *Trichocereus* spp. (Cactaceae), saxícolas como el chaguar (*Deuterocohnia longipetala*, Bromeliaceae) y como el arrayán de campo (*Aloysia castellanosi*, Verbenaceae) entre otras especies en la transición de las fitoprovicias del Monte y del Cardonal. Este ambiente presenta cárcavas con hoyos que actúan como reservorios de agua transitorios.

**Censos de aves.** En los tres ambientes (Zona Rural, Llanura Pedemontana y Quebrada Precordillerana) se realizaron conteos de aves durante tres estaciones del año: invierno (desde agosto a septiembre de 2011), primavera (desde octubre a diciembre de 2011) y verano (desde diciembre de 2011 a enero de 2012). En cada combinación ambiente-estación se realizaron tres transectas de 6 km de largo por 60 m de ancho cada una, en las que el número de individuos de cada especie se registró auditiva o visualmente usando binoculares de 10x50 y una cámara fotográfica digital. Se consideró como variable meteorológica de importancia la velocidad del viento con el fin de poder evaluar su efecto sobre la avifauna. La velocidad del viento se midió tres veces en cada transecta con un anemómetro electrónico KESTREL, en m/s, y se usó su promedio. Se identificaron todas las aves cotejando con la guía de campo y el CD de cantos de Narosky & Yzurieta (2010). También, siguiendo el método de clasificación de Blendinger (2005), se asoció cada especie a un gremio trófico según los componentes predominantes en su alimen-



**Figura 1.** Área de estudio y transectas de avistaje en la ecoregión del Monte, Departamento Pocito, Provincia San Juan, Argentina.

tación considerando las siguientes categorías: carnívoros, frugívoros, granívoros, granívoros-insectívoros, insectívoros aéreos, insectívoros de sustrato y nectarívoros.

**Análisis de datos.** Para analizar diferencias en la riqueza y en la abundancia de la comunidad de aves y por gremio trófico, se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM) con una distribución de Poisson, usando la función “glm” del paquete “MASS” (Ripley et al. 2015), ya que los datos residuales no se ajustaron a una distribución normal. Cuando se detectaron casos donde la variabilidad de los datos fue muy compacta o dispersa, según el coeficiente de variación de Pearson, se asumió una distribución binomial negativa usando la función glm.nb del mismo paquete.

El modelo completo para comprender como varió la riqueza y abundancia de la comunidad de aves incluyó como variables independientes al tipo de ambiente, la estación, la velocidad del viento y las interacciones posibles entre estas variables. Mientras que, para comprender las variaciones de estos parámetros por los gremios tróficos, se incluyó sus categorías entre las variables consideradas en el modelo anterior y todas sus interacciones posibles. La estructura de los modelos se simplificaron mediante la eliminación de variables e interacciones que no fueron significativamente asociadas con la variable depen-

diente, de acuerdo a la prueba de Wald (Bolker et al. 2009). Para la elección de los mejores modelos se utilizó el criterio de información Akaike con la corrección para muestras pequeñas (AICc), usando la función dredge del paquete MuMin, y la clasificación por pesos para modelos competitivos y plausibles (Burnham & Anderson 2002). Antes del análisis estadístico, se comprobó que los datos cumplieran con las condiciones de sobre-dispersión de los datos residuales y homogeneidad de las varianzas con los gráficos de diagnóstico (qqnorm en R). En todos los casos, los análisis estadísticos se realizaron con el software R (R Development Core Team 2015).

## RESULTADOS

**Estructura de la comunidad de aves.** Se registraron 41 especies de aves, pertenecientes a 22 familias. La familia Furnariidae fue la mejor representada con ocho especies, seguida por las familias Columbidae, Emberizidae y Tyrannidae con cinco especies cada una. Respecto a los ambientes, la Zona Rural presentó la mayor riqueza específica (34 especies), seguido por la Quebrada Precordillerana y la Llanura Pedemontana (con 17 y 13 especies respectivamente). Un total de 18 especies (43,9%) se observaron en al menos dos ambientes, 19 especies (50,75%) fueron registradas solo en la Zona Rural y cuatro especies (5,35%) solo en las Quebrada Precordillerana, mien-

**Tabla 1.** Detalles de los cuatro mejores modelos y modelo nulo (GLM – Poisson) para la riqueza de aves registradas en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina. Variables incluidas: ambientes (1); velocidad del viento (2) y estación anual (3). AICc = Criterio de Información de Akaike para muestras pequeñas,  $\Delta$ AICc = diferencia en AICc entre cada modelo y el mejor modelo, K = número de parámetros, Wi = peso relativo de cada modelo.

Modelo	AICc	$\Delta$ i	K	Wi
1 + 2	127,2	0,00	4	0,672
1	129,2	2,02	3	0,245
1 + 2. + 1:2	133,2	5,99	6	0,034
1 + 2 + 3	133,2	6,05	6	0,033
Nulo	234,4	107,23	1	0,000

tras que el ambiente de Llanura Pedemontana no presentó especies exclusivas (Apéndice 1).

Las especies que se destacaron en el ambiente de Zona Rural por su mayor abundancia y frecuencia fueron *Passer domesticus*, *Columbina picui*, *Zenaida auriculata*, *Columba livia*, *Patagioenas maculosa*, *Furnarius rufus*, *Pitangus sulphuratus* y *Myiopsitta monachus* (Apéndice 1).

En la Quebrada Precordillerana se registró como especies exclusivas a *Sicalis mendozae*, *Chlorostilbon lucidus*, *Phrygilus gayi*, *Turdus chiguanco*, *Cinclodes fuscus* y *Tyto alba* (Apéndice 1).

En la Llanura Pedemontana las especies más frecuentes fueron *Zonotrichia capensis*, *Knipolegus aterrimus* y *Leptasthenura aegithaloides* (Apéndice 1).

Entre otras especies nativas que se destacan por su abundancia en el área de estudio se registró a *Falco sparverius*, *Milvago chimango*, *Sappho sparaganurus*, *Tyrannus savana*, *Phytotoma rutila*, *Troglodytes aedon*, *Cistothorus platensis*, *Turdus chiguanco* y, en menor medida, *Pipraeidea bonariensis*, *Embernagra platensis* y *Mimus saturninus* (Apéndice 1).

**Variabilidad de la comunidad de aves.** La riqueza de aves fue mejor explicada por el modelo que incluyó como variables el tipo de ambiente y la velocidad del viento (Tabla 1); mientras que para la abundancia el que incluyó como variable el tipo de ambiente, la velocidad del viento, estación anual y la interacción del ambiente con la estación anual (Tabla 2). La riqueza y abundancia fueron significativamente mayores en la Zona Rural respecto a la Quebrada Precordillerana (riqueza: Poisson GLM,  $z = -8,34$ , SE = 0,162,  $P < 0,001$ ; abundancia: Binomial Negativa GLM,  $z = 46,51$ , SE = 0,18,  $P < 0,001$ ; Figura 2) y a las Llanuras Pedemontanas (riqueza: Poisson GLM,  $z = -10,36$ , SE = 0,16,  $P < 0,001$ ; abundancia: Binomial Negativa GLM,  $z = 43,53$ , SE = 0,39,  $P < 0,001$ ; Figura 3). La riqueza de aves no varió de manera significativa a lo largo de las estaciones del año (Poisson GLM,  $P > 0,05$  en todos los casos), sin embargo la abundancia

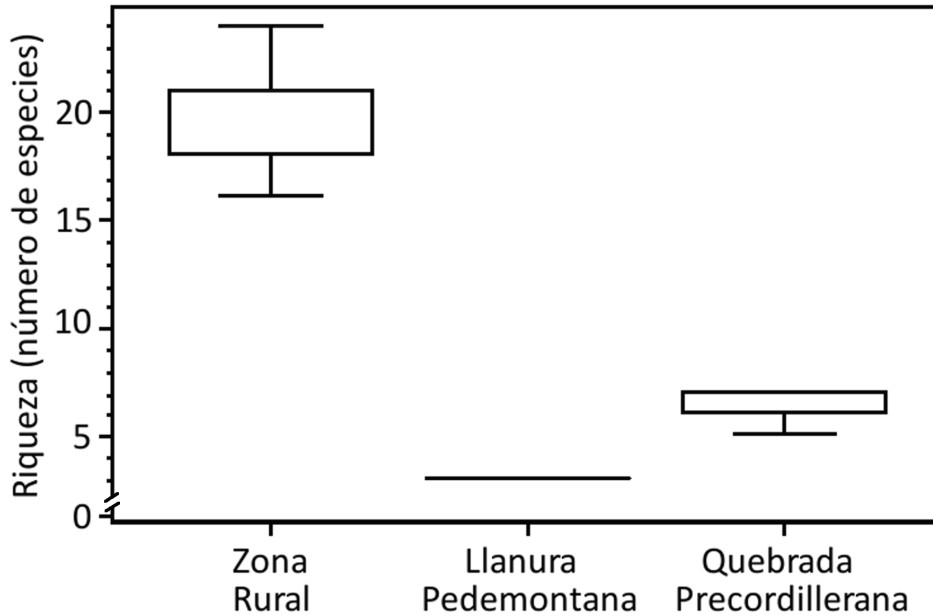
**Tabla 2.** Detalles de los cuatro mejores modelos y modelo nulo (GLM – Binomial Negativa) para la abundancia de aves registradas en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina. Variables incluidas: ambientes (1); velocidad del viento (2) y estación anual (3). AICc = Criterio de Información de Akaike para muestras pequeñas,  $\Delta$ AICc = diferencia en AICc entre cada modelo y el mejor modelo, K = número de parámetros, Wi = peso relativo de cada modelo.

Modelo	AICc	$\Delta$ i	K	Wi
1 + 2 + 3 + 1:3	234,5	0,00	11	0,773
1 + 2 + 3 + 1:2 + 1:3	237,0	2,51	13	0,220
1 + 2	245,1	10,59	5	0,004
1 + 2 + 3	246,6	12,10	7	0,002
Nulo	286,8	52,27	2	0,000

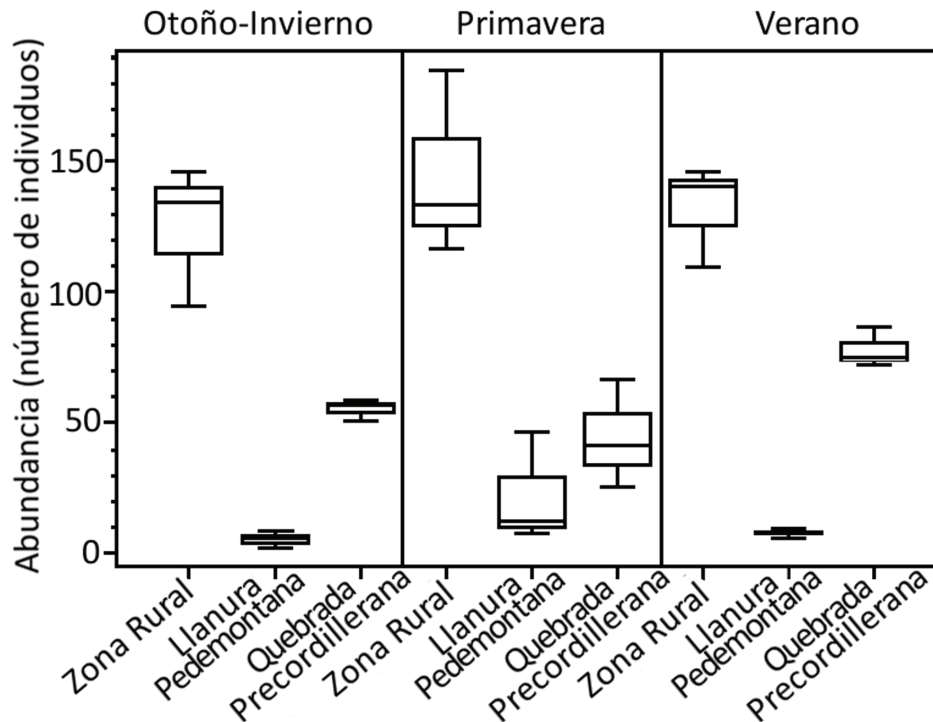
de aves fue significativamente más alta en primavera (Binomial Negativa GLM,  $z = 50,79$ , SE = 0,13,  $P = 0,042$ ; Figura 3). La interacción entre la estación y el tipo de ambiente fue significativa para la abundancia de aves, debido a que la diferencia entre la Llanura Pedemontana y las Quebradas Precordilleranas fue menor durante la primavera (Binomial Negativa GLM,  $z = 53,05$ , SE = 0,39,  $P = 0,002$  y Binomial Negativa GLM,  $z = 47,77$ , SE = 0,2,  $P = 0,031$  respectivamente) que durante el invierno o verano.

La riqueza y la abundancia de aves disminuyeron significativamente con el aumento de la velocidad del viento (riqueza: Poisson GLM,  $z = -2,75$ , SE = 0,02,  $P = 0,006$ ; abundancia: Binomial Negativa GLM,  $z = 47,63$ , SE = 0,02,  $P = 0,021$ ), aunque este efecto fue más pronunciado en la Llanura Pedemontana (abundancia: Binomial Negativa GLM,  $z = -52,59$ , SE = 0,06,  $P = 0,008$ ) (Figuras 2–3).

**Variabilidad de gremio trófico.** La riqueza y la abundancia de aves fueron mejor explicadas por los modelos que incluyeron como variables la interacción de los gremios tróficos con el tipo de ambiente y la velocidad del viento (Tablas 3–4). Las aves granívoras y las insectívoras de sustrato presentaron el mayor número de especies (granívoras: Poisson GLM,  $z = 7,96$ , SE = 0,24,  $P < 0,00$ ; insectívoras de sustrato: Poisson GLM,  $z = 7,01$ , SE = 0,25;  $P < 0,001$ ), seguidas por las granívoras-insectívoras (Poisson GLM,  $z = 5,25$ , SE = 0,26,  $P = 0,005$ ), mientras que las aves nectarívoras fueron las de menor riqueza (Poisson GLM,  $z = 0,42$ , SE = 0,38,  $P = 0,043$ ; Figura 4). Las aves granívoras fueron las más abundantes (Binomial Negativa GLM,  $z = 11,37$ , SE = 4,41,  $P < 0,001$ ), seguidas por las insectívoras de sustrato (Binomial Negativa GLM,  $z = 7,33$ , SE = 4,50,  $P < 0,001$ ), las granívoras-insectívoras (Binomial Negativa GLM,  $z = 6,78$ , SE = 4,52,  $P = 0,003$ ) y las insectívoras aéreas (Binomial Negativa GLM;  $z = 6,59$ , SE = 4,54,  $P = 0,006$ ), mientras que las aves nectarívoras no se diferenciaron significativamente de las carnívoras (Binomial Negativa GLM,  $P = 0,508$ ) y fueron las menos abundantes (Figura 5). La riqueza y la abun-



**Figura 2.** Variabilidad de la riqueza en la comunidad de aves en función de los ambientes (representado por cajas de bigotes). Pocito, San Juan, Argentina.



**Figura 3.** Variabilidad de la abundancia en la comunidad de aves en función de los ambientes, de las estaciones (ambas representadas por cajas de bigotes) en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina.

dancia de aves en la Quebrada Precordillerana y en la Llanura Pedemontana no registraron diferencias significativas entre sí (Poisson y Binomial Negativa GLM,  $P > 0,05$  respectivamente), sin embargo fueron significativamente menores que en la Zona Rural (Poisson GLM,  $z = -0,31$ ,  $SE = 0,5$ ,  $P = 0,006$  y Binomial Negativa GLM,  $z = -0,15$ ,  $SE = 0,44$ ,  $P = 0,009$  respectivamente).

La riqueza de las aves en la Quebrada Precordillerana fue mayor en las aves granívoras-insectívoras (Poisson GLM,  $z = 4,61$ ,  $SE = 0,49$ ,  $P = 0,031$ ), en las insectívoras aéreas (Poisson GLM,  $z = 4,68$ ,  $SE = 0,53$ ,  $P = 0,026$ ) y en las nectarívoras (Poisson GLM,  $z = 4,61$ ,  $SE = 0,62$ ,  $P = 0,031$ ; Figura 4). Asimismo, la abundancia de las aves granívoras fue mayor en la Zona Rural (Binomial Negativa GLM,  $z = 6,2$ ,  $SE = 7,48$ ,

**Tabla 3.** Detalles de los cuatro mejores modelos y modelo nulo (GLM – Poisson) para la riqueza de aves a nivel de gremios tróficos registradas en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina. Variables incluidas: gremios tróficos (1), ambientes (2), velocidad del viento (3) y estación anual (4). AICc = Criterio de Información de Akaike para muestras pequeñas,  $\Delta$ AICc = diferencia en AICc entre cada modelo y el mejor modelo, K = número de parámetros,  $W_i$  = peso relativo de cada modelo.

Modelo	AICc	$\Delta$ i	K	$W_i$
1 + 2 + 3 + 1:2	441,3	0,00	22	0,803
1 + 2 + 3 + 4 + 1:2	445,2	3,90	24	0,114
1 + 2 + 1:2	446,1	4,75	21	0,075
1 + 2 + 4 + 1:2	451,0	9,71	23	0,006
Nulo	645,5	204,13	1	0,000

$P < 0,001$ ), mientras que las nectarívoras y las granívoras-insectívoras fueron más abundantes en la Quebrada Precordillerana (nectarívoras: Binomial Negativa GLM,  $z = 6,51$ , SE = 7,82,  $P < 0,001$ ; granívoro-insectívoras: Binomial Negativa GLM,  $z = 6,19$ , SE = 7,25,  $P = 0,003$ ; Figura 5).

Tanto la riqueza como la abundancia de cada gremio trófico disminuyeron a mayor velocidad del viento (riqueza: Poisson GLM,  $z = -0,92$ , SE = 0,02,  $P < 0,001$ ; abundancia: Binomial Negativa GLM,  $z = -0,62$ , SE = 3,48,  $P < 0,001$ ). Sin embargo, estos parámetros no variaron de manera significativa entre las estaciones anuales (Poisson y Binomial Negativa GLM,  $P > 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

La riqueza y la abundancia de aves fueron mayores en la Zona Rural respecto a la Llanura Pedemontana y a la Quebrada Precordillerana. El estudio pionero de MacArthur & MacArthur (1961) indica que la diversidad de aves es mayor donde la estructura vegetal del hábitat es más compleja. Nuestros resultados siguen esta tendencia y coinciden con otros estudios de aves en zonas rurales, donde se observó que la riqueza y abundancia están correlacionadas tanto con la densidad de plantas (Husté & Boulinier 2007, Arizmendi et al. 2008) como con el avance de la agricultura sobre ambientes naturales (Rappole & Morton 1985, Ubeda & Griguera 2003). Asimismo, los estudios realizados por estos autores muestran similitud con nuestros resultados en que la mayoría de las aves residentes y dominantes fueron típicas de zona rurales y pobladas con una mayor abundancia de especies introducidas (*Columba livia* y *Passer domesticus*). Esto se explica dado a que ambientes con mayor perturbación ofrecen a la comunidad de aves diversos micro-hábitats y recursos adicionales (e.g. alimento balanceado para mascotas y ganado, frutos y flores exóticas, refugios en construcciones con mayores áreas sombreadas, disponibilidad de agua usada para riego, entre otros) que no están disponibles en los ambientes con meno-

**Tabla 4.** Detalles de los cuatro mejores modelos y modelo nulo (GLM – Binomial Negativa) para la abundancia de aves a nivel de gremios tróficos registradas en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina. Variables incluidas: gremios tróficos (1), ambientes (2), velocidad del viento (3) y estación anual (4). AICc = Criterio de Información de Akaike para muestras pequeñas,  $\Delta$ AICc = diferencia en AICc entre cada modelo y el mejor modelo, K = número de parámetros,  $W_i$  = peso relativo de cada modelo.

Modelo	AICc	$\Delta$ i	K	$W_i$
1 + 2 + 3 + 1:2	909,4	0,00	23	0,740
1 + 2 + 3 + 4 + 1:2	911,5	2,12	25	0,256
1 + 2 + 3 + 1:2 + 1:3	921,6	12,27	29	0,002
1 + 2 + 1:2	922,4	12,99	22	0,001
Nulo	1097,3	187,91	2	0,000

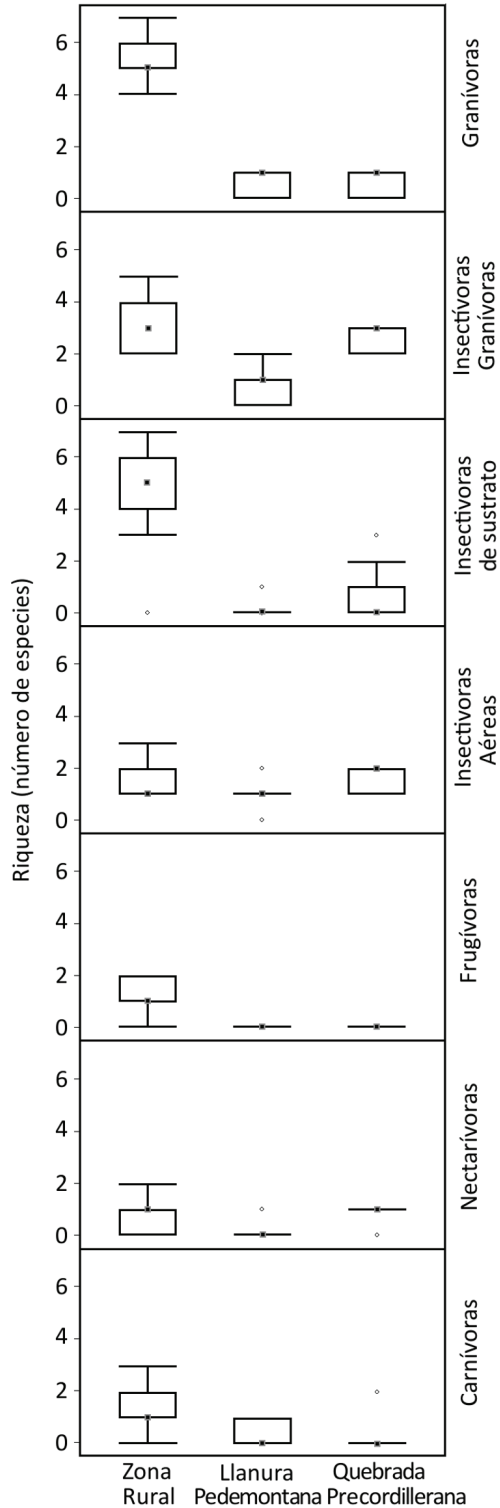
res alteraciones antrópicas (Rossetti & Giraudo 2003). Al mismo tiempo, ambientes cercanos a construcciones humanas, permitirían a las aves dedicar mayor tiempo al comportamiento de vigilancia disminuyendo los riesgos de ser depredadas (Simons 1988, Martin 1992). Esto explicaría también la mayor probabilidad de supervivencia de aves en ambientes perturbados (Simons 1988, Martin 1992), lo cual se refleja en un aumento en la abundancia de las especies que allí residen.

En la Quebrada Precordillerana la mayoría de las aves fueron típicas del desierto del Monte y de las ecorregiones andinas (Fava et al. 2012). Las laderas de este ambiente ofrecen a las aves diversos refugios entre las cavidades de las rocas, a diferencia de la Llanura Pedemontana que presenta una vegetación achaparrada y adaptada a una mayor aridez (Márquez et al. 2015). Sin embargo, en estos dos ambientes, la disponibilidad de alimento sería más baja en comparación con la Zona Rural, lo que explicaría la menor riqueza y abundancia de aves.

Entre las estaciones anuales nuestros resultados infieren que, a diferencia de la Quebrada Precordillerana y de la Llanura Pedemontana, la riqueza y la abundancia de la comunidad de aves no varía en la Zona Rural. Esto podría ser explicado debido a que en este último ambiente la producción agrícola es intensiva (Vargas André et al. 2010) y los recursos estarían disponibles para las aves durante todo el año. En contraste, la producción de semillas, brotes, frutos y la abundancia de insectos asociados a la vegetación nativa son mayores durante las estaciones estivales (primavera y verano) y escasos durante la estación fría (Marone 1992; Marone et al. 1998, 2000), y este es el caso del ambiente Quebrada Precordillerana y Llanura Pedemontana.

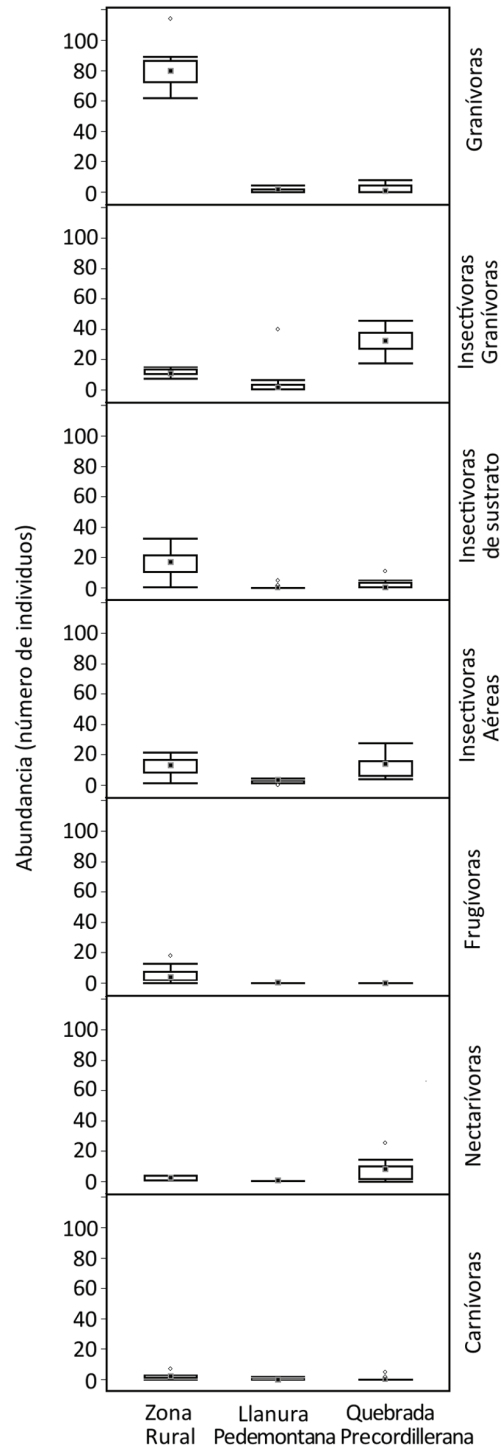
La variación de la riqueza y abundancia de aves por gremio trófico sigue la tendencia encontrada en otros estudios en ambientes áridos de Argentina (Marone 1992, 1990; Marone et al. 1998, 2000; López de Casenave 2001, Blendinger & Ojeda 2001, Milesi et al. 2002, Blendinger 2005) y del mundo (Schodde

**Figura 4.** Variabilidad de la riqueza de aves en función de los gremios tróficos y de los ambientes (representado por cajas de bigotes) en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina.



1982, Wiens 1991, Dean 1997), donde las aves granívoras son el grupo funcional más rico en especies y en abundancia. Esto se puede explicar debido a que en el desierto del Monte las semillas son el alimento disponible en mayor abundancia que encuentran las aves (Marone et al. 1998, 2000).

**Figura 5.** Variabilidad de la abundancia de aves en función de los gremios tróficos y de los ambientes (ambas representadas en cajas de bigotes) en el desierto del Monte, Pocito, San Juan, Argentina.



Si bien la abundancia de la comunidad de aves varía entre las estaciones, esto no sucede con la riqueza y la abundancia al nivel de los diferentes gremios tróficos de aves. Una razón para estas diferencias podría ser estadística: el hecho de incluir muchos parámetros en el análisis por gremios tróficos reduce el poder estadístico de cada test. Al margen de estas limitaciones, podríamos inferir que la variabilidad de

cada categoría trófica está condicionada en mayor medida por la elección de la oferta de recursos que presenta cada ambiente y no por la variabilidad que ocurre entre estaciones. En nuestro estudio la mayoría de los gremios seleccionaron la Zona Rural, el ambiente más perturbado. Una excepción entre las especies nectarívoras fue la mayor abundancia de *Chlorostilbon lucidus* en la Quebrada Precordillerana, sobre todo en primavera y verano, lo cual estaría asociado a la floración de la vegetación nativa (Marquez et al. 2015).

Por otro lado, una menor riqueza y abundancia de aves, tanto a nivel de la comunidad como de gremio trófico, se correlacionó con una mayor velocidad del viento. La relación de esta variable con la estructura vertical que sirve de barrera en cada ambiente explica aún más la variabilidad de la abundancia y riqueza de aves. En la Zona Rural que presenta predominio de vegetación exótica y construcciones de viviendas, y en la Quebrada Precordillerana con presencia de las elevadas laderas, la velocidad del viento es menor ya que estas estructuras proporcionan una mayor protección a las aves. En cambio, en la Llanura Pedemontana su vegetación achaparrada provee una menor protección contra la velocidad del viento.

Estudios donde se compare disponibilidad de recursos entre ambientes y estaciones podrían dar mayor certeza a nuestra hipótesis. La variabilidad de la riqueza y abundancia encontradas en este estudio debe ser tenida en cuenta para la conservación de los ambientes naturales, como así también, considerar que en áreas con mayor perturbación una gran parte de la avifauna posiblemente tienda a ser atípica con respecto a ambientes naturales.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las sugerencias de Ignacio "Kini" Roesler y de Kaspar Delhey que han permitido mejorar diversos aspectos del trabajo. También agradecemos a Jennifer Richardson por las sugerencias y la traducción del resumen al inglés.

## REFERENCIAS

Bibby, C, M Jones & S Marsden (1998) *Bird surveys, expedition field techniques*. Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society, London, UK.

Blendinger, PG (2005) Abundance and diversity of small-bird assemblages in the Monte desert, Argentina. *Journal of Arid Environments* 61: 567–587.

Blendinger, PG & RA Ojeda (2001) Seed supply as a limiting factor for granivorous birds in the Monte desert, Argentina. *Austral Ecology* 26: 413–422.

Bolker, B, ME Brooks, CJ Clark, SW Geange, JR Poulsen, MH Stevens & J White (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 24: 127–135.

Bryce, SA, RM Hughes & PR Kaufmann (2002) Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition. *Journal of Environmental Management* 30: 294–310.

Burnham, KP & DA Anderson (2002) *Model selection and multimodel inference. A practical information theoretic approach*. 2a ed. Springer, New York, New York, USA.

Cabrera, ÁL (1976) Regiones fitogeográficas argentinas. Pp 1–85 en Kugler, WF (ed). *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Fascículo 1. Tomo 2*. 2a ed. Acme, Buenos Aires, Argentina.

Codesido, M, C González-Fischer & D Bilenca (2008) Asociaciones entre diferentes patrones de uso de la tierra y ensambles de aves en agroecosistemas de la Región Pampeana, Argentina. *Ornitología Neotropical* 19: 575–585.

Dean, WRJ (1997) The distribution and biology of nomadic birds in the Karoo, South Africa. *Journal of Biogeography* 24: 769–779.

Fava, GA, JC Acosta, JA Laspiur & MV Moreno (2012) Avifauna del Valle de Calingasta y sus alrededores, provincia de San Juan, Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 56: 66–81.

Gonnet, JM (2001) Influence of cattle grazing on population density and species richness of granivorous birds (Emberizidae) in the arid plain of the Monte, Argentina. *Journal of Arid Environments* 48: 569–579.

Houston, CS & JK Schmutz (1999) Changes in bird populations on Canadian grasslands. *Journal of Avian Biology* 19: 87–94.

Isacch, JP, NO Maceira, MS Bo, MR Demaría & S Peluc (2005) Bird-habitat relationship in semi-arid natural grasslands and exotic pastures in the West Pampa of Argentina. *Journal of Arid Environments* 62: 267–283.

López de Casenave, J (2001) Estructura gremial y organización de un ensamble de aves del desierto del Monte. Tesis Doc., Univ. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Marone, L (1990a) Ensamblajes de aves en la Reserva de la Biosfera de Ñacuñán: patrones y procesos de organización espacio-temporal. Tesis Doc., Univ. Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

Marone, L (1990b) Modifications of local and regional bird diversity after a fire in the Monte desert, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 63: 187–195.

Marone, L (1992) Seasonal and year-to-year fluctuations of bird populations and guilds in the Monte Desert, Argentina. *Journal of Field Ornithology* 63: 294–308.

Marone, L, J López de Casenave & VR Cueto (1997) Patterns of habitat selection by wintering and breeding granivorous birds in the central Monte desert, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 73–81.

Marone, L, BE Rossi & J López de Casenave (1998) Granivore impact on soil seed reserves in the central Monte desert. *Functional Ecology* 12: 640–645.

Marone, L, J López de Casenave & VR Cueto (2000) Granivory in southern South American deserts: conceptual issues and current evidence. *Bioscience Journal* 50: 123–132.

Milesi, FA, L Martore, J López de Casenave, V Cueto & E Mezquida (2002) Gremios de manejo como indicadores de las condiciones del ambiente: un estudio de caso con aves y perturbaciones del hábitat en el Monte central, Argentina. *Ecología Austral* 12: 149–161.

Murcia, C (1995) Edge effects in fragments: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10: 58–62.

Murphy, MT (2003) Avian population trends within the evolving agricultural landscape of eastern and central United States. *The Auk* 120: 20–34.

Narosky, T & D Yzurieta (2010) *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. Edición de Oro. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires, Argentina.

Ramadan-Jaradi, G (2011) Climate variation impact on birds of Lebanon - assessment and identification of main measures to help the birds to adapt to change. *Lebanese Science Journal* 12: 25–32.



- Rappole, JH & ES Morton (1985) Effects of habitat alteration on a tropical avian forest community. Pp 1013–1021 *en* Buckley, PA, ES Morton, R Ridgely & FG Buckley (eds). *Neotropical Ornithology. Ornithological Monographs* 36.
- Ripley B, B Venables, DM Bates, K Hornik, A Gebhardt & D Firth (2015) *Package 'MASS'*. Available at [cran.r-project.org/web/packages/MASS](http://cran.r-project.org/web/packages/MASS) [Accessed 11 August 2015].
- Rossetti, MA & AR Giraud (2003) Comunidades de aves de bosques fluviales habitados y no habitados por el hombre en el Río Paraná medio, Argentina. *El Hornero* 18: 89–96.
- Schodde, R (1982) Origen, adaptation and evolution of birds in arid Australia. Pp 191–224 *en* Barker, WR & PJM Green-slade (eds). *Evolution of the flora and fauna of arid Australia*. Peacock Publications, Frewville, Australia.
- Tscharntke, T, R Bommarco, Y Clough, TO Crist, D Kleijn, TA Rand, JM Tylianakis, S Van Nouhuys & S Vidal (2007) Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 43: 294–309.
- Ubeda, C & D Grigera (2003) Análisis de la evaluación más reciente del estado de conservación de los anfibios y reptiles de Argentina. *Gayana* 67: 97–113.
- Vargas André, E, C De la Vega, M Gil, M Soria, M Cerdera, N Cerdera, E Fernández, M Riveros, E Aciar, R Galeana, P Albarracín & T Perisotto (2010) Representaciones sociales sobre la ingerencia municipal, en la vocación territorial de los departamentos Zonda y Pocito (Provincia de San Juan). *Revista de Ciencias Sociales y Humanas* 2: 87–95.
- Wiens, JA (1991) The ecology of desert birds. Pp 278–310 *en* Polis, GA (ed). *The ecology of desert communities*. Univ. of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA.

**Apéndice 1.** Abundancia (media  $\pm$  SE) de las especies de aves registradas en transectas realizadas en la localidad de Pocito, San Juan, Argentina discriminadas por ambientes (ZR: Zona Rural, LP: Llanura Pedemontana y QP: Quebrada Precordillerana) y gremios tróficos (GT; C: carnívoros, F: frugívoros, G: granívoros, GI: granívoros-insectívoros, IA: insectívoros aéreos; IS: insectívoros sobre sustrato (IS) y N: nectarívoros).

Familia	Especie	ZR	LP	QP	GT
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	0,36 $\pm$ 0,3		0,44 $\pm$ 0,3	C
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	0,36 $\pm$ 0,2			IS
Columbidae	<i>Columba livia</i>	8,56 $\pm$ 0,6			G
	<i>Patagioenas maculosa</i>	7,45 $\pm$ 1,9	0,22 $\pm$ 0,2		G
	<i>Zenaida meloda</i>	1,55 $\pm$ 1,0	0,22 $\pm$ 0,2		G
	<i>Zenaida auriculata</i>	12,09 $\pm$ 1,8	0,44 $\pm$ 0,4	2,67 $\pm$ 1,2	G
	<i>Columbina picui</i>	19,27 $\pm$ 2,3			G
Cuculidae	<i>Guira guira</i>	1,27 $\pm$ 0,6			IA
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>			0,33 $\pm$ 0,2	C
Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	0,64 $\pm$ 0,2			C
Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>			0,11 $\pm$ 0,1	IA
Apodidae	<i>Aeronautes andecolus</i>	10,64 $\pm$ 2,3	0,78 $\pm$ 0,4	12,00 $\pm$ 2,6	IA
Trochilidae	<i>Sappho sparganurus</i>	0,09 $\pm$ 0,1	0,11 $\pm$ 0,1		N
	<i>Oreotrochilus leucopleurus</i>	0,09 $\pm$ 0,1			N
	<i>Chlorostilbon lucidus</i>	1,27 $\pm$ 0,6		7,56 $\pm$ 2,8	N
Falconidae	<i>Milvago chimango</i>	1,09 $\pm$ 0,4	0,22 $\pm$ 0,2		C
	<i>Falco sparverius</i>	0,09 $\pm$ 0,1	0,33 $\pm$ 0,2		C
Psittacidae	<i>Myiopsitta monachus</i>	3,91 $\pm$ 1,5			F
Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	6,09 $\pm$ 1,5			IS
	<i>Cinclodes fuscus</i>			0,78 $\pm$ 0,5	IS
	<i>Leptasthenura aegithaloides</i>		0,78 $\pm$ 0,6	0,44 $\pm$ 0,5	IS
	<i>Pseudoseisura lophotes</i>	1,36 $\pm$ 0,5			IS
Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	0,18 $\pm$ 0,1			IA
	<i>Knipolegus aterrimus</i>		1,78 $\pm$ 0,4	1,56 $\pm$ 0,7	IA
	<i>Machetornis rixosa</i>	1,18 $\pm$ 0,7			IS
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	6,45 $\pm$ 1,0			GI
	<i>Tyrannus savana</i>	1,00 $\pm$ 0,4			IA
Cotingidae	<i>Phytotoma rutila</i>	1,73 $\pm$ 0,6			F
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	1,55 $\pm$ 0,6		0,44 $\pm$ 0,3	IS
	<i>Cistothorus platensis</i>			0,11 $\pm$ 0,1	IS
Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>	0,11 $\pm$ 0,1		1,89 $\pm$ 1,9	GI
Mimidae	<i>Mimus saturninus</i>	2,91 $\pm$ 1,1			IS
Thraupidae	<i>Pipraeidea bonariensis</i>	0,78 $\pm$ 0,4			IS
	<i>Phrygilus gayi</i>	0,09 $\pm$ 0,1		6,67 $\pm$ 1,5	GI
	<i>Sicalis mendozae</i>	1,09 $\pm$ 0,7	3,00 $\pm$ 2,9	21,89 $\pm$ 2,8	GI
	<i>Sicalis flaveola</i>	2,91 $\pm$ 1,5		0,09 $\pm$ 0,1	GI
	<i>Embernagra platensis</i>	0,73 $\pm$ 0,3			GI
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	1,55 $\pm$ 0,7	3,33 $\pm$ 1,6	2,67 $\pm$ 0,9	GI
Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	2,18 $\pm$ 0,5		0,56 $\pm$ 0,6	IS
Fringillidae	<i>Sporagra magellanica</i>	0,73 $\pm$ 0,4	0,44 $\pm$ 0,3	0,11 $\pm$ 0,1	G
Ploceidae	<i>Passer domesticus</i>	31,55 $\pm$ 4,1		0,44 $\pm$ 0,3	G