

EL HORNERO

REVISTA DE ORNITOLOGÍA NEOTROPICAL



Establecida en 1917

ISSN 0073-3407

VOLUMEN 24

2009

PUBLICADA POR AVES ARGENTINAS/ASOCIACIÓN ORNITOLÓGICA DEL PLATA

BUENOS AIRES, ARGENTINA

Editor

JAVIER LOPEZ DE CASENAVE
Universidad de Buenos Aires

Asistente del Editor

FERNANDO A. MILESI
Universidad de Buenos Aires

Comité Editorial

P. DEE BOERSMA
University of Washington

MANUEL NORES
Universidad Nacional de Córdoba

VÍCTOR R. CUETO
Universidad de Buenos Aires

JUAN CARLOS REBORDA
Universidad de Buenos Aires

MARIO DÍAZ
Universidad de Castilla-La Mancha

CARLA RESTREPO
University of Puerto Rico

ROSENDO FRAGA
CICyTTP - Diamante

PABLO TUBARO
Museo Argentino de Cs. Naturales B. Rivadavia

PATRICIA GANDINI
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

FRANCOIS VUILLEUMIER
American Museum of Natural History

FABIÁN JAKSIC
Universidad Católica de Chile

PABLO YORIO
Centro Nacional Patagónico

AVIAN BLOOD PARASITES IN THE NATIONAL NATURAL PARK CHINGAZA: HIGH ANDES OF COLOMBIA

OSCAR A. RODRÍGUEZ^{1,3}, HELENA MOYA^{2,3} AND NUBIA E. MATTÁ^{1,4}

¹Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Bogotá, Colombia.

²Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

³Present address: Programa de Biología, Fundación Universitaria del Trópico Americano, UNITROPICO, Cra. 19 #39-40, Yopal, Casanare, Colombia.

⁴nemattac@unal.edu.co

ABSTRACT.—Birds from the high Andes in the National Natural Park Chingaza, Colombia, were surveyed for blood parasites in April 2002 and March 2003. Of 136 birds examined, representing 40 species of 14 families, 38 were infected with blood parasites. Parasites of the genera *Leucocytozoon* (21.3% prevalence), *Plasmodium* (8.1%), *Hepatozoon* (2.9%), *Microfilariae* (2.9%) and *Haemoproteus* (1.5%) were recorded. Twenty five avian species in this survey were examined for blood parasites for the first time and 49 new parasite-host associations were identified. The most striking observation of this study was the high prevalence of *Leucocytozoon* spp. In the Neotropics, the prevalence of *Leucocytozoon* spp. has not been reported to be greater than 0.2% and is closely associated with the presence of migrant birds. Its presence in native avian host suggests a local transmission cycle in the zone.

KEY WORDS: *avian haematozoa*, *Colombia*, *Haemoproteus*, *Hepatozoon*, *high Andes*, *Leucocytozoon*, *Microfilariae*, *Plasmodium*.

RESUMEN. PARÁSITOS SANGUÍNEOS DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL CHINGAZA: ANDES DE COLOMBIA.—Fue analizada la presencia de parásitos sanguíneos en aves de páramo en el Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia) en abril de 2002 y marzo de 2003. De las 136 aves examinadas, pertenecientes a 40 especies de 14 familias, 38 estuvieron infectadas con parásitos sanguíneos. Se registraron parásitos de los géneros *Leucocytozoon* (21.3% de prevalencia), *Plasmodium* (8.1%), *Hepatozoon* (2.9%), *Microfilariae* (2.9%) y *Haemoproteus* (1.5%). A 25 especies de aves se les examinó la presencia de parásitos sanguíneos por primera vez y se identificaron 49 nuevas asociaciones hospedero-parásito. La observación más sobresaliente de este estudio fue la alta prevalencia de *Leucocytozoon* spp., un parásito asociado estrechamente con aves migratorias en el Neotrópico, donde su prevalencia no supera el 0.2%. Su presencia en aves nativas sugiere un ciclo local de transmisión en la zona.

PALABRAS CLAVE: *Colombia*, *Haemoproteus*, *hematozoarios de aves*, *Hepatozoon*, *Leucocytozoon*, *Microfilariae*, *páramo*, *Plasmodium*.

Received 1 September 2008, accepted 2 August 2009

Ornithological literature remarks the extremely high avian diversity present in Colombia. The country's geographical position, where both Nearctic and Austral migrant birds come in the September–December period, allows potential inwards or outwards parasite movement (Sala-man et al. 2001). In recent years great efforts have been placed on identifying blood parasites from Colombian birds (Rodríguez and Matta 2000, Valkiunas et al. 2003, Matta et al. 2004, Basto et al. 2006). This research program begun in the mid 20th century with the work of Renjifo et al. (1952) and Bennett and Borrero (1976), yet the prob-

lem of parasite distribution remains unsolved. Bennett and Borrero (1976) suggested that the avian haematozoa has a wide altitudinal distribution pattern, recording infected avian hosts from sea level to 2140 masl. We have expanded this research on birds whose distribution reaches higher grounds, above 3000 masl. No other study on avian haematozoa had been carried out before in this ecosystem for Colombia, or in other Neotropical country (Renjifo et al. 1952, Bennett and Borrero 1976, Ayala et al. 1977, Rodríguez and Matta 2000, Valkiunas et al. 2003, Matta et al. 2004, Basto et al. 2006).

The paramos are unique areas of Neotropical mountains, located between 3100–4700 masl (Vargas and Pedraza 2004). These high Andes are distributed from Costa Rica in the north, to northern Peru in the south, and from Colombia in the west to Venezuela in the east (Chaves and Arango 1998). Regionally, Colombia has the largest area of high Andes, both in surface and associated biological diversity. The climate in the tropical high Andes is characterized by low temperatures across the whole year (Guhl 1995), with sunny days with intense solar radiation and very cold and wet nights (Aguilar and Rangel-Ch 1996). It was reported a total of 129 bird species belonging to 84 genera and 31 families, of which 36 are endemic from the high Andes (Chaves and Arango 1998). National Natural Park Chingaza is a unique and privileged area, because in addition to the presence of high Andes, it has three other important ecosystems: tropical rain forest, sub-Andean forest and Andean forest (Vargas and Pedraza 2004). This natural reserve has a wide altitudinal range, with several micro-basins and aquatic ecosystems (Vargas and Pedraza 2004). These unique conditions suggest that host–parasite interactions might vary from those observed in other Neotropical areas.

The purpose of this study was to record the prevalence of blood parasites in birds from a paramo ecosystem in the Eastern Cordillera at the National Natural Park Chingaza.

METHODS

The National Natural Park Chingaza is located in the Colombian Eastern Cordillera. This paramo, along with the paramo of Sumapaz, constitutes the largest areas of high Andes ecosystem. Chingaza is under the jurisdiction of Cundinamarca and Meta departments, covering ten municipalities and including the basins of the rivers Negro, Guatiquía, Guavio, Orinoco, and Siecha or Tominé de la Hoya of Magdalena (Inderena 1986). This park covers an area of 76600 hectares. It lies between 800–4020 masl, although most of its territory is above 3000 masl (Vargas and Pedraza 2004). The weather is the result of the interaction between latitude, altitude, and the geographical position of the mountains with respect to the ocean and atmospheric circulation chains. In Chingaza the maximum average temperature ranges between 12–14 °C whereas the minimum recorded tem-

peratures are below 0 °C (Vargas and Pedraza 2004). The region has an average annual rainfall of 1861 mm, with two distinct periods: the first is dry, between November and March, with the lowest rainfall values in January and February, and the second is humid, occurring between April and October with maximum rainfall between June and July. The relative humidity ranges between 80–88% (Inderena 1986).

Avian hosts were collected in the park during the months of April 2002 and March 2003, by mist-netting. Those months have low presence of migratory birds, and in this study there was an exclusive capture of resident birds. The collections were made in three distinct areas: (1) Estación Monterredondo, sendero Suasie (4°38'N, 73°43'W; 3093 masl), (2) Bosque de Encenillo (4°36'N, 73°43'W; 3155 masl), and (3) Valle de los Fraylejones (4°32'N, 73°46'W; 3203 masl). These places are highly cloudy, presenting only 2–3 h of direct insulation.

Three thin smears were made from blood obtained by toenail clip. Smears were immediately air dried and fixed in 100% methanol within 2 h of collection in the field, and stained with Giemsa stain pH 7.2 in the laboratory. In order to determine the prevalence of haematozoa, each smear was scanned double blind in 150–180 fields under low magnification, and at least 100 fields at high magnification, for each slide. The intensity of infection was obtained as a percentage by counting the actual number of parasites per 1000 red blood cells or per 10000 red blood cells if infections were light, as recommended by Godfrey et al. (1987).

Blood parasites were identified according to the methods proposed by Valkiunas (2005). The representative blood films were deposited at The International Reference Centre for Avian Haematozoa, held at the Queensland Museum in Brisbane, Australia.

RESULTS

One hundred thirty six birds belonging to forty species and 14 families were mist netted and surveyed for blood parasites (Table 1). Thirty-eight avian hosts (27.9% overall prevalence), representing 17 species (42.5% of examined species), were found to harbour haematozoa. The most commonly occurring blood parasite genus was *Leucocytozoon* (21.3%), followed by *Plasmodium* (8.1%), *Hepatozoon* (2.9%), *Microfilariae* (2.9%) and *Haemoproteus* (1.5%) (Table 2). No try-

Table 1. Occurrence of haematozoa in birds from the National Natural Park Chingaza, high Andes of Colombia. Number of examined and infected birds is shown.

	Examined	Infected
Accipitridae		
<i>Accipiter striatus</i> (Sharp-shinned Hawk)	1	0
Trochilidae		
<i>Coeligena helianthea</i> (Blue-throated Starfrontlet)	2	0
<i>Eriocnemis cupreiventris</i> (Coppery-bellied Puffleg)	4	0
<i>Eriocnemis vestitus</i> (Glowing Puffleg)	14	0
<i>Metallura tyrianthina</i> (Tyrian Metaltail)	1	0
<i>Opisthopsom euryptera</i> (Mountain Avocetbill)	2	1
<i>Oxyopogon guerinii</i> (Bearded Helmetcrest)	1	0
<i>Pterophanes cyanopterus</i> (Sapphirewing)	2	0
Trogonidae		
<i>Trogon personatus</i> (Masked Trogon)	1	0
Picidae		
<i>Piculus rivolii</i> (Crimson-mantled Woodpecker)	3	0
Fumariidae		
<i>Margarornis squamiger</i> (Pearled Treerunner)	6	1
<i>Xiphocolaptes prumeropirhynchus</i> (Strong-billed Woodcreeper)	1	0
Tyrannidae		
<i>Mecocerculus leucophrys</i> (White-throated Tyrannulet)	11	4
<i>Ochthoeca diadema</i> (Yellow-bellied Chat-tyrant)	4	1
<i>Ochthoeca</i> sp. (Chat-tyrant)	3	0
<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i> (Cinnamon Flycatcher)	1	0
Hirundinidae		
<i>Notiochelidon murina</i> (Brown-bellied Swallow)	5	1
Troglodytidae		
<i>Cinnycerthia unirufa</i> (Rufous Wren)	11	3
Turdidae		
<i>Turdus fuscater</i> (Great Thrush)	12	11
<i>Turdus serranus</i> (Glossy-black Thrush)	1	1
Parulidae		
<i>Basileuterus nigrocristatus</i> (Black-crested Warbler)	1	0
<i>Myioborus ornatus</i> (Golden-fronted Redstart)	1	0
Thraupidae		
<i>Anisognathus igniventris</i> (Scarlet-bellied Mountain-tanager)	2	1
<i>Buthraupis montana</i> (Hooded Mountain-tanager)	3	3
<i>Conirostrum rufum</i> (Rufous-browed Conebill)	2	0
<i>Conirostrum sitticolor</i> (Blue-backed Conebill)	5	0
<i>Diglossa humeralis</i> (Black Flowerpiercer)	1	0
<i>Diglossa lafresnayii</i> (Glossy Flowerpiercer)	10	1
<i>Diglossopsis caerulescens</i> (Bluish Flowerpiercer)	1	0
<i>Diglossopsis cyanea</i> (Masked Flowerpiercer)	6	3
<i>Dubusia taeniata</i> (Buff-breasted Mountain-tanager)	3	3
<i>Hemispingus verticalis</i> (Black-headed Hemispingus)	3	1
<i>Iridosornis rufivertex</i> (Golden-crowned Tanager)	1	1
Emberizidae		
<i>Atlapetes pallidinucha</i> (Pale-naped Brush-finch)	2	1
<i>Atlapetes schistaceus</i> (Slaty Brush-finch)	1	0
<i>Buarremon brunneinucha</i> (Chestnut-capped Brush-finch)	1	1
<i>Catamenia inornata</i> (Plain-colored Seed-eater)	1	0
<i>Zonotrichia capensis</i> (Rufous-collared Sparrow)	3	0
Fringillidae		
<i>Carduelis psaltria</i> (Lesser Goldfinch)	2	0
Icteridae		
<i>Cacicus chrysionotus</i> (Mountain Cacique)	1	0

Table 2. Birds infected with different haematozoa in the National Natural Park Chingaza, high Andes of Colombia. Number of infected birds is shown.

	<i>Leucocytozoon</i> spp.	<i>Plasmodium</i> spp.	<i>Hepatozoon</i> spp.	<i>Haemoproteus</i> spp.	Other
<i>Opisthoprora euryptera</i>	1				
<i>Margarornis squamiger</i>	1				
<i>Mecocerculus leucophrys</i>	3	1			
<i>Ochthoeca diadema</i>					1
<i>Notiochelidon murina</i>			1		
<i>Cinnycerthia unirufa</i>			3		
<i>Turdus fuscater</i>	11	5		2	4
<i>Turdus serranus</i>	1				
<i>Anisognathus igniventris</i>		1			
<i>Buthraupis montana</i>	2	2			
<i>Diglossa lafresnayii</i>		1			
<i>Diglossopsis cyanea</i>	3				
<i>Dubusia taeniata</i>	3				
<i>Hemispingus verticalis</i>	1				
<i>Iridosornis rufivertex</i>	1				
<i>Atlapetes pallidinucha</i>	1				
<i>Buarremon brunneinucha</i>	1				

panosome infections were recorded. The intensity of parasitism did not exceed 1% and 11 avian host harboured mixed infections.

Leucocytozoon dubreuii and *Leucocytozoon fringillinarum* were identified on the avian genus *Turdus* (*Turdus fuscater* harboured both species; meanwhile *Turdus serranus* only harboured *Leucocytozoon dubreuii*). Gametocytes resembling *Leucocytozoon thraupis* (based on the description given by Bennett and Squires-Parsons 1992) were recorded on the blood samples of *Buthraupis montana*, *Iridosornis rufivertex* and *Dubusia taeniata*. *Leucocytozoon cambournaci* was identified on the avian host *Buarremon brunneinucha*. Unidentified species of this genus were observed in *Hemispingus verticalis*, *Atlapetes pallidinucha*, *Mecocerculus leucophrys*, *Diglossopsis cyanea*, *Margarornis squamiger* and *Opisthoprora euryptera*. No previous data exist on *Leucocytozoon* infection for Trochilidae, Furnariidae, Tyrannidae and Thraupidae, but other blood parasites have been recorded (Galindo and Souza 1966, Bennett et al. 1982, 1987, 1992a, Bennett and Squires-Parsons 1992, Bishop and Bennett 1992, Shurulinkov and Golemansky 2003).

In the blood smears of *Turdus fuscater* and *Buthraupis montana* parasites of the genus *Plasmodium*, belonging to the subgenus *Haemamoeba*, were observed. Different stages of the

Novyella subgenus of *Plasmodium* were also observed. Additionally, *Plasmodium* parasites on different developmental stages were found on the blood smears of *Diglossa lafresnayii*, *Anisognathus igniventris* and *Mecocerculus leucophrys*, but further identification was not possible.

Parasites of the genus *Hepatozoon* were only found in two bird species, *Cinnycerthia unirufa* and *Notiochelidon murina*. For the last host, the parasites resembled those redescribed by Bennett and Peirce (1989) for *Hepatozoon atticorae*; however, in the same blood samples other morphotypes different from the typically recorded U-form (Bennett and Peirce 1989) were found. This result suggests a double *Hepatozoon* infection; alternatively, it could be that polymorphic forms for this parasite are present in the study area.

Finally, *Haemoproteus fallisi* gametocytes and Microfilariae were found on the blood smears of *Turdus fuscater*, and undetermined blood parasites were found on *Ochthoeca diadema*.

DISCUSSION

Twenty five bird species (more than half of those recorded) were examined for haematozoa for the first time during the present study, and almost every blood parasite found was not pre-

vously related with its avian host (49 of 52 hosts-parasite associations), according to Bennett et al. (1982), Bishop and Bennett (1992), Valkiunas et al. (2003), Valkiunas (2005) and Basto et al. (2006). Our results clearly stress the huge gaps in avian haematozoan knowledge on high Andean ecosystems, especially the paramo.

It was remarkable the high prevalence of *Leucocytozoon* parasites, inasmuch for the Neotropics it has been found in low prevalence (0.2%) or complete absence, in contrast to records in the avifauna of Nearctic (17.7%) (Greiner et al. 1975, White et al. 1978, Valkiunas 2005). The ecological peculiarities responsible for the low prevalence of hemoparasites in Neotropical birds are not completely understood, although Bennett et al. (1980) suggested that it could be due to a paucity of suitable vectors species. *Leucocytozoon* species are mainly transmitted by black flies (Desser and Bennet 1993). The life cycle of this arthropod vector depends on well oxygenated running waters, commonly found on mountainous landscapes, like the Rocky Mountains of North America (Greiner et al. 1975) and the paramo ecosystem. The high prevalence of *Leucocytozoon* found in native birds from National the Natural Park Chingaza suggests the existence of suitable vectors, and possibly a local cycle of transmission.

The prevalence recorded by Bennett and Borrero (1976), Rodríguez and Matta (2000), and Valkiunas et al. (2003) for Colombia were similar to those observed for the whole Neotropical area by White et al. (1978), where the avian haematozoa prevalence is clearly lower (10.2%) than that reported by Greiner et al. (1975) for other Wallacean life zones like the Nearctic (36.9%). All of these studies have been made in lowland and warmer localities. Despite many of them are protected areas and have clean rivers and water flows (which could also allow the development of potential Simuliidae vectors), the records of *Leucocytozoon* are limited to migratory birds. The overall prevalence of blood parasites found in this study (27.9%) was similar to those previously obtained by Renjifo et al. (1952), and Basto et al. (2006) for Villavicencio (26.7%) and the National Natural Park Macarena (24%), respectively. However, in the present study become apparent differences in host-parasite relationships: despite National Natural Park Chingaza is located in a Neotropical country, it possesses ecological niches that have allowed a change in the relative frequency of each

parasite in the bird populations; for example, the high prevalence found for *Leucocytozoon*. Another peculiar finding was for the genus *Hepatozoon*; its prevalence may be related with the natural history of host-species, especially for the Brown-bellied Swallow, *Notiochelidon murina*, which develops colonial behaviour probably allowing parasite transmission by fleas or louse as previously suggested for other swallow species (Bennett et al. 1992b). In the same sense, the Rufous Wren, *Cinnycerthia unirufa*, has developed familiar flock's behaviour patterns (Hilty and Brown 1986), which could be related with an increase of potential vector contact.

The transmission pattern for most of avian hemoparasites and the host's susceptibility are still unknown in the Neotropical region, especially for those avian species related with a tropical origin, like Trochilidae, Furnariidae or Tyrannidae. To better understand the high Andes ecosystem it is necessary to promote research in order to evaluate the trophic relationships between its components (Vargas and Pedraza 2004). Undoubtedly, the results of basic research will generate knowledge of the biodiversity of parasites in unique ecosystems in Neotropical countries and will allow a better understanding of the dynamics of host-parasite-vector transmission, generating new trends in the epizootiology of hemoparasites of birds in Colombia and the Andean countries. Within this perspective, it is important to investigate if the *Leucocytozoon* species found in paramo avian host are regularly introduced there by migrant birds or if there is an active and isolated transmission ground among the Neotropical high Andean birds.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank C. Lora and the staff of National Natural Park System for providing access to sampling location; CJ Marinkelle, FG Stiles and EC Greiner for their professional assistance; R Gutiérrez and the avian haematozoan study group who assisted us during collection work; LF Cadavid for manuscript revision. This study was funded by División de Investigación Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, and Idea Wild.

LITERATURE CITED

AGUILAR M AND RANGEL-CH JO (1996) Clima de alta montaña en Colombia. Pp. 73–130 in: FUNDACIÓN ECOSISTEMAS ANDINOS-ECOAN (ed) *El páramo, ecosistema a proteger*. Códice, Bogotá

- AYALA S, RAMAKKA JM, RAMAKKA VF AND VARELA CE (1977) *Haemoproteus*, *Plasmodium*, and hippoboscids ectoparasites of Colombian wild doves. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 19:411–416
- BASTO N, RODRÍGUEZ OA, MARINKELLE CJ, GUTIÉRREZ HR AND MATTA NE (2006) Haematozoa in birds from La Macarena National Natural Park (Colombia). *Caldasia* 28:371–377
- BENNETT GF AND BORRERO JI (1976) Blood parasites of some birds from Colombia. *Journal of Wildlife Diseases* 12:454–458
- BENNETT GF, CAINES JR AND WOODWORTH-LYNAS CB (1987) The hemoproteids of the New World passeriform families Formicariidae, Furnariidae, Mimidae, and Vireonidae. *Canadian Journal of Zoology* 65:317–321
- BENNETT GF, EARLÉ RA, DU TOIT H AND HUTZENMEYER FW (1992a) A host-parasite catalogue of the haematozoa of the Sub-Saharan birds. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 29:1–73
- BENNETT GF, EARLÉ RA AND PEIRCE MA (1992b) *Ornithodoros peringueyi* (Argasidae) and *Xenopsylla trispinis* (Siphonaptera), probable intermediate hosts of *Hepatozoon atticorae* of the South African cliff swallow, *Hirundo spilodera*. *Canadian Journal of Zoology* 70:188–190
- BENNETT GF AND PEIRCE MA (1989) *Hepatozoon parus* n. sp. from the Paridae and redescription of *H. atticorae* (de Beaufort, 1911) Hoare, 1924 from the Hirundinidae. *Canadian Journal of Zoology* 67:2859–2863
- BENNETT GF AND SQUIRES-PARSONS D (1992) The leucocytozooids of the avian families Anatidae and Emberizidae s. l., with descriptions of three new *Leucocytozoon* species. *Canadian Journal of Zoology* 70:2007–2014
- BENNETT GF, WHITEWAY M AND WOODWORTH-LYNAS C (1982) *A host-parasite catalogue of the avian haematozoa*. Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's
- BENNETT GF, WITT H AND WHITE EM (1980) Blood parasites of some Jamaican birds. *Journal of Wildlife Diseases* 16:29–38
- BISHOP MA AND BENNETT GF (1992) *Host-parasite catalogue of the avian haematozoa. Supplement 1*. Department of Biology, Memorial University of Newfoundland, St. John's
- CHAVES ME AND ARANGO N (1998) *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad. Colombia 1997*. Instituto Alexander Von Humboldt, PNUD and Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá
- DESSER SS AND BENNETT GF (1993) The genera *Leucocytozoon*, *Haemoproteus* and *Hepatocystis*. Pp. 56–115 in: KREIER JP AND BAKER JR (eds) *Parasitic Protozoa*. Second edition. Academic Press, New York
- GALINDO P AND SOUSA O (1966) Blood parasites of birds from Almirante, Panama with ecological notes on the hosts. *Revista de Biología Tropical* 14:27–46
- GODFREY RD, FEDYNICH AM AND RENCE DB (1987) Quantification of hematozoa in blood smears. *Journal of Wildlife Diseases* 23:558–565
- GREINER EC, BENNETT GF, WHITE EM AND COOMBS RF (1975) Distribution of the avian hematozoa of North America. *Canadian Journal of Zoology* 53:1762–1787
- GUHL E (1995) *Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá*. Second edition. Fondo FEN Colombia, Bogotá
- HILTY S AND BROWN W (1986) *Guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton
- INDERENA (1986) *Parques nacionales*. Instituto Nacional de Recursos Naturales and Fondo FEN Colombia, Bogotá
- MATTA NE, BASTO N, GUTIÉRREZ HR, RODRÍGUEZ OA AND GREINER EC (2004) Prevalence of blood parasites in Tyrannidae (Flycatchers) in the eastern plains of Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 99:271–274
- RENJIFO S, SANMARTIN C AND ZULUETA J (1952) A survey of the blood parasites of vertebrates in eastern Colombia. *Acta Tropica* 9:151–169
- RODRÍGUEZ OA AND MATTA NE (2000) Blood parasites in some birds from eastern plains of Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 96:271–274
- SALAMAN P, CUADROS T, JARAMILLO JG AND WEBER W (2001) *Lista de chequeo de las aves de Colombia*. Sociedad Antioqueña de Ornitología, Medellín
- SHURULINKOV P AND GOLEMANSKY V (2003) *Plasmodium* and *Leucocytozoon* (Sporozoa: Haemosporida) of wild birds in Bulgaria. *Acta Protozoologica* 42:205–214
- VALKIUNAS G (2005) *Avian malaria parasites and other haemosporidia*. CRC Press, Boca Raton
- VALKIUNAS G, SALAMAN P AND IEZHOVA T (2003) Paucity of haematozoa in Colombian birds. *Journal of Wildlife Diseases* 39:445–448
- VARGAS O AND PEDRAZA P (2004) *Parque Nacional Natural Chingaza*. Gente Nueva Editorial, Bogotá
- WHITE EM, GREINER EC, BENNETT GF AND HERMAN CM (1978) Distribution of the haematozoa of Neotropical birds. *Revista de Biología Tropical* 26:43–102

CENSOS DE AVES ACUÁTICAS EN SUS COLONIAS REPRODUCTIVAS EN LAGUNAS DEL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

MARÍA LAURA JOSENS^{1,2}, MATÍAS G. PRETELLI¹ Y ALICIA H. ESCALANTE¹

¹ Laboratorio de Limnología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3250 2º, 7600 Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

² laurajosens@yahoo.com

RESUMEN.— La provincia de Buenos Aires está ubicada en una de las regiones de Argentina más modificadas por la actividad humana, donde las lagunas continentales representan ambientes complejos que albergan una gran diversidad y abundancia de aves acuáticas, especialmente en los períodos reproductivos. El objetivo principal de este trabajo fue identificar y relevar colonias reproductivas de aves acuáticas en tres lagunas continentales del sudeste bonaerense, determinando las especies presentes, su abundancia, la fenología de la reproducción y la selección de hábitat. Se identificaron cuatro colonias reproductivas: una monoespecífica de Garcita Bueyera (*Bubulcus ibis*) y tres multiespecíficas de Gaviota Capucho Café (*Larus maculipennis*) y Gaviota Capucho Gris (*Larus cirrocephalus*), de Garcita Bueyera y Cuervillo de Cañada (*Plegadis chihi*), y de Garza Mora (*Ardea cocoi*) y Garza Blanca (*Egretta alba*). La laguna de los Padres tuvo la mayor riqueza de especies y la mayor parte de las colonias. Las colonias de las distintas lagunas mostraron diferencias en la fenología de las actividades reproductivas, tales como la construcción del nido, la puesta de huevos y el cuidado de los pichones.

PALABRAS CLAVE: cuervillos, garzas, gaviotas, humedales, reproducción, selección de hábitat.

ABSTRACT. WATERBIRD CENSUSES IN BREEDING COLONIES IN LAGOONS OF SOUTHEASTERN BUENOS AIRES PROVINCE.— Buenos Aires Province is one of the most disturbed regions of Argentina due to human activities, yet has continental lagoons representing complex habitats which host abundant and diverse waterbirds, especially during the breeding season. Our primary objective was to identify and survey breeding colonies of waterbirds in three continental lagoons of southeastern Buenos Aires Province, determining abundance, breeding phenology, and habitat selection of waterbirds. We identified four breeding colonies: one monospecific colony of Cattle Egret (*Bubulcus ibis*), and three mixed-species colonies of Brown-hooded Gull (*Larus maculipennis*) and Grey-headed Gull (*Larus cirrocephalus*), Cattle Egret and White-faced Ibis (*Plegadis chihi*), and Cooi Heron (*Ardea cocoi*) and Great White Egret (*Egretta alba*). Los Padres Lagoon had the greatest species richness and most of the breeding colonies. Colonies in different lagoons differed in their phenology of breeding activities, such as nest building, egg laying and chick rearing.

KEY WORDS: egrets, gulls, habitat selection, herons, ibises, reproduction, wetlands.

Recibido 16 septiembre 2008, aceptado 12 julio 2009

Las aves constituyen uno de los componentes faunísticos más conspicuos de los ambientes acuáticos, particularmente en estuarios y lagunas eutróficas (Martínez 1993). Las diferentes características de estos ambientes, como el tamaño, la profundidad y sus fluctuaciones, sus condiciones fisicoquímicas, la estructura y composición de la vegetación y la disponibilidad de recursos, han sido directamente asociadas a la diversidad y abundancia de las aves (Wiens 1989). Este grupo puede hacer uso de estos ambientes solo durante una parte del año y para

cubrir una determinada etapa de su ciclo anual, como la nidificación y cría (Blanco 1999).

La colonialidad en las aves acuáticas es un comportamiento ampliamente diversificado (Siegel-Causey y Kharitonov 1990). El número de aves que nidifican colonialmente es variable, yendo desde menos de una decena de parejas hasta miles, las cuales generalmente se asientan en áreas reducidas (Wittenberger y Hunt 1985) y cercanas a sitios de alimentación favorables (Ward y Zahavi 1973). La selección del hábitat donde reproducirse es de vital importancia para

la determinación de la adecuación biológica de los individuos y éstos son propensos a desarrollar estrategias para elegirlos (Cody 1985). Aunque las especies varían en sus preferencias, ciertos requisitos son comunes al momento de nidificar: un buen sitio proporciona mayor protección contra predadores, ofrece estabilidad y cercanía a los materiales para la construcción del nido (Hilaluddin y Shawl 2003), y provee protección contra inclemencias climáticas y las interferencias sociales (García Borboroglu y Yorio 2004).

La provincia de Buenos Aires está ubicada en una de las regiones de Argentina más modificadas e impactadas por la actividad humana, donde las lagunas continentales representan ambientes complejos dentro de una enorme matriz de agroecosistemas con un elevado nivel de fragmentación (Ghersa y León 2001). Esto hace que estos ambientes posean gran diversidad y abundancia de aves, especialmente en el período reproductivo cuando diferentes grupos nidifican en colonias mono o multi-específicas. Estas agrupaciones permanecen activas durante todo el período reproductivo, aproximadamente desde septiembre hasta febrero (Martínez 1993). El objetivo de este estudio es identificar y relevar las colonias reproductivas de aves acuáticas en tres lagunas continentales del sudeste bonaerense, determinando las especies que nidifican en ellas, su abundancia, sus variaciones temporales y la selección que realizan del hábitat.

MÉTODOS

El territorio de la provincia de Buenos Aires está cubierto por espejos de agua someros, permanentes o temporarios, de variada extensión, denominados lagunas, que constituyen las formas del paisaje más conspicuas (Dangavs 2005). En el sudeste de la provincia, a pocos kilómetros de la ciudad de Mar del Plata, se encuentran tres lagunas importantes por sus dimensiones y uso (Fig. 1). La laguna de Los Padres posee un área de 2 km² y una profundidad media de 1.8 m (González Sagrario y Balseiro 2003). El juncal y la vegetación asociada al agua constituyen el 20% de la laguna (del Río et al. 1992). La laguna La Brava posee una superficie aproximada de 400 ha y una profundidad máxima de 3.1 m, y se encuentra limitada al Oeste por la sierra La Brava. Posee juncuales en la orilla, principalmente en el ingreso de su afluente, el arroyo El

Peligro. Ambas lagunas son sitios importantes como lugar de esparcimiento y turismo, destacándose especialmente la pesca deportiva (Grosman y Sanzano 2008). La laguna Nahuel Rucá es un cuerpo de agua de baja profundidad (1.5 m) con marcadas fluctuaciones del nivel de agua que dependen de las precipitaciones. Se encuentra en las cercanías del estuario de la laguna Mar Chiquita, sitio de importancia para aves migratorias, y dentro de un área MAB-UNESCO (Martínez 2001). En todas estas lagunas, la presencia de juncuales en las desembocaduras de los arroyos hace de ellas importantes áreas de cría y descanso para un gran número de especies de aves.

Entre septiembre y febrero de 2006 a 2008 se realizaron visitas semanales a las lagunas, con el fin de identificar la presencia de colonias reproductivas. Una vez localizadas, se muestrearon a través de censos de punto (Bibby et al. 1997) localizados estratégicamente fuera y dentro de la colonia, realizados en canoa o a pie en función de la accesibilidad de cada ambiente, determinando las especies presentes y el número máximo de parejas reproductivas. Se realizaron mapas de uso de hábitat utilizando un geoposicionador satelital e imágenes satelitales para determinar el área total cubierta por los juncuales, los sitios donde se ubicaban las colonias y el área ocupada por las mismas.

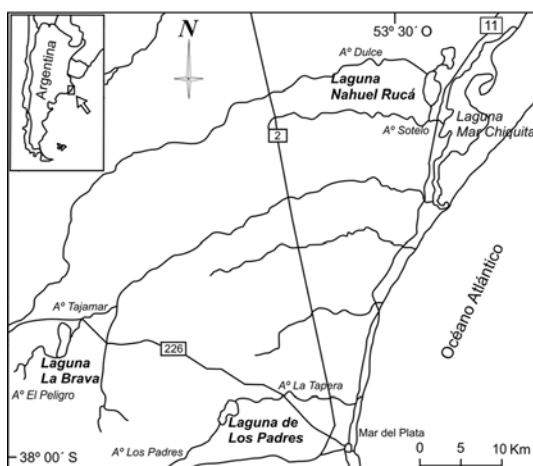


Figura 1. Ubicación de las lagunas de los Padres, Nahuel Rucá y La Brava en el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

Tabla 1. Colonias de aves acuáticas presentes en las lagunas de los Padres, Nahuel Rucá y La Brava en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Para cada colonia se indican las especies presentes, el número de parejas reproductivas y el período en que estaban activas.

	Parejas	Período
Laguna de los Padres ^a		
Gaviota Capucho Café (<i>Larus maculipennis</i>)	500	Oct–Dic 2007
Gaviota Capucho Gris (<i>Larus cirrocephalus</i>)	62	Oct–Dic 2007
Laguna de los Padres		
Garcita Bueyera (<i>Bubulcus ibis</i>)	2883	Nov 2006–Feb 2007
Cuervillo de Cañada (<i>Plegadis chihi</i>)	1990	Oct 2006–Dic 2007
Laguna Nahuel Rucá		
Garza Mora (<i>Ardea cocoi</i>)	17	Ago–Dic 2007
Garza Blanca (<i>Egretta alba</i>)	51	Oct–Dic 2007
Laguna La Brava		
Garcita Bueyera (<i>Bubulcus ibis</i>)	3180	Dic 2007–Feb 2008

^a En octubre-diciembre de 2006 esta colonia fue identificada pero no se relevó.

RESULTADOS

Se identificaron cuatro colonias reproductivas en las tres lagunas (Tabla 1). En la laguna de los Padres estaban presentes dos colonias mixtas, una de Gaviota Capucho Café (*Larus maculipennis*) y Gaviota Capucho Gris (*Larus cirrocephalus*), con aproximadamente 1200 individuos de ambas especies, y otra de Cuervillo de Cañada

(*Plegadis chihi*) y Garcita Bueyera (*Bubulcus ibis*), con picos de abundancia en diciembre (7471 individuos) y enero (7244), respectivamente. Las colonias estaban ubicadas en el área de la desembocadura del arroyo Los Padres (Figs. 2A y 2B). La primera de estas colonias tenía una superficie de 15707 m² (representando el 8.10% del área total de la desembocadura del arroyo), mientras que la segunda ocupaba 18300 m² (9.44%). En la

Tabla 2. Especies de aves acuáticas observadas nidificando en las lagunas de los Padres, Nahuel Rucá y La Brava en el sudeste de la provincia de Buenos Aires.

Especie	de Los Padres ^a	Nahuel Rucá	La Brava
Macá Grande (<i>Podiceps major</i>)	+	+	+
Macá Común (<i>Rollandia rolland</i>)	++	+	+
Garcita Azulada (<i>Butorides striatus</i>)		+	
Garcita Blanca (<i>Egretta thula</i>)	++		++
Cigüeña Americana (<i>Ciconia maguari</i>)		+	+
Cuervillo Cara Pelada (<i>Phimosus infuscatus</i>)	++		++
Chajá (<i>Chauna torquata</i>)	+	+	+
Cisne Cuello Negro (<i>Cygnus melanocorypha</i>)	+	+	+
Coscoroba (<i>Coscoroba coscoroba</i>)		+	
Pato Overo (<i>Anas sibilatrix</i>)	+		+
Pato Barcino (<i>Anas flavirostris</i>)	+	+	+
Pato Capuchino (<i>Anas versicolor</i>)	+	+	+
Pato Cabeza Negra (<i>Heteronetta atricapilla</i>)	+	+	
Caracolero (<i>Rostrhamus sociabilis</i>)	+		
Gallareta Chica (<i>Fulica leucoptera</i>)	++	+	+
Gallareta Escudete Rojo (<i>Fulica rufifrons</i>)	++	+	+
Jacana (<i>Jacana jacana</i>)		+	

^a +: presente (observada al menos una vez); ++: presente y abundante (observada numerosas veces).

laguna Nahuel Rucá se identificó una colonia mixta de Garza Blanca (*Egretta alba*) y Garza Mora (*Ardea cocoi*) que contaba con 136 individuos en noviembre. La colonia estaba localizada en un bañado (Fig. 2C), ocupando 4775 m². En la laguna La Brava se encontró una colonia monoespecífica de Garcita Bueyera que presentó un pico de abundancia en enero (7194 indivi-

duos). Esta colonia estaba localizada en la desembocadura del arroyo El Peligro (Fig. 2D) y tenía una superficie de 5312 m² (que representaba el 1.98% del área total de la desembocadura del arroyo). Durante el periodo que duró el muestreo de las colonias se observó a otras especies de aves acuáticas reproduciéndose en los mismos ambientes (Tabla 2).

DISCUSIÓN

En las lagunas de los Padres, Nahuel Rucá y La Brava se encontraron colonias con abundancias importantes de aves, siendo la primera la de mayor número de especies y colonias. Esta laguna presentó, además, diferencias temporales en el uso de hábitat por parte de las diferentes especies. La Gaviota Capucho Café y la Gaviota Capucho Gris fueron las primeras en nidificar, observándose comportamientos asociados a la reproducción en el mes de septiembre. Durante el periodo inicial de la puesta de huevos de las gaviotas, el Cuervillo de Cañada y la Garcita Bueyera comenzaron a construir sus nidos en la misma área. Las aves pueden tener diferentes tipos de interacciones durante el periodo reproductivo: pueden nidificar a distancias próximas, pueden tener agregaciones en colonias multispecíficas y también existen asociaciones de nidificación cercanas a especies más agresivas, en lo que se denomina "nidificación protectora" (Ewins 1994, Petracci y Basanta 2002). En este caso, la colonia de cuervillos y garcitas podría estar más protegida dado que estas especies nidificaron en el mismo sitio que especies que son agresivas frente a predadores, como es el caso de las dos especies de gaviotas, y que establecieron sus nidos con anterioridad. Estos son los requerimientos espaciotemporales necesarios para que ocurra la nidificación protectora (Larsen y Moldsvor 1992). Alternativamente, la elección del área de reproducción por parte de estas especies podría haberse debido a la menor disponibilidad de sitios seguros donde nidificar como consecuencia de la disminución en el número de colonias reproductivas de Gaviota Capucho Café en Argentina (Burger 1974). Durante 2007 no se registró la colonia de Cuervillo de Cañada y Garcita Bueyera en la laguna de los Padres, probablemente porque fuertes lluvias en febrero y marzo (220 mm y 150 mm, respectivamente) anegaron la laguna aumentando su nivel en 2 m, provocando un impacto importante sobre la vegetación palustre. La

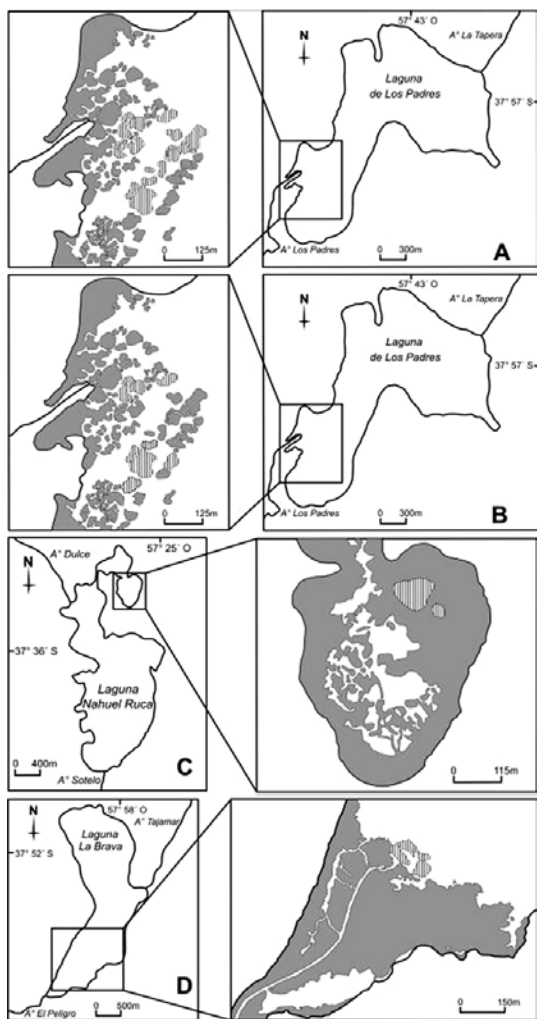


Figura 2. Ubicación de la colonia de Gaviota Capucho Café (*Larus maculipennis*) y Gaviota Capucho Gris (*Larus cirrocephalus*) en la laguna de los Padres (A), de la colonia de Cuervillo de Cañada (*Plegadis chihi*) y Garcita Bueyera (*Bubulcus ibis*) en la laguna de los Padres (B), de la colonia de Garza Mora (*Ardea cocoi*) y Garza Blanca (*Egretta alba*) en la laguna Nahuel Rucá (C), y de la colonia de Garcita Bueyera en la laguna La Brava (D). En gris se muestra el área ocupada por juncas y con rayado vertical la ubicación de las colonias.

estructura de la vegetación es de vital importancia para las especies que nidifican en humedales palustres y construyen sus nidos en los diferentes estratos de vegetación (Blanco 1999), tal como ocurre con cuervillos, garzas y gaviotas. Sin embargo, ese mismo verano se detectó una colonia de Garcita Bueyera en la laguna La Brava, episodio que quizá sea consecuencia de la pérdida del hábitat en la laguna de los Padres. Como el número de individuos censados de esta especie en 2006 y 2007 fue similar en ambos ambientes, es probable que se trate de la misma población local. La colonia multiespecífica de gaviotas se instaló en la laguna de los Padres a pesar de la desaparición del juncal, lo que podría deberse a que estas especies pueden construir sus nidos sobre material flotante, a diferencia de los cuervillos y garzas que los realizan en la vegetación, suspendidos sobre el agua (Blanco 1999, Guicking et al. 2001).

En este trabajo se identificaron áreas de importancia para poblaciones de aves acuáticas en lagunas del sudeste bonaerense y su dinámica temporal. Esta información es relevante para desarrollar o actualizar planes de manejo de estas áreas. Resta evaluar con más detalle algunos eventos y patrones observados, como el cambio de hábitat por parte de la Garcita Bueyera y la asociación entre especies en las colonias multi-específicas.

AGRADECIMIENTOS

A M. Favero y M. P. Berón por sus valiosos comentarios en la elaboración del manuscrito. A CREO (Conservation, Research and Education Opportunities) por el financiamiento. A las estancias Nahuel Rucá, Piedra Naranja (laguna La Brava) y al Complejo CRIM (laguna de los Padres) por su hospitalidad y servicios prestados. Este trabajo es parte del desarrollo de la tesis doctoral de M. L. Josens, financiada por CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BIBBY CJ, BURGESS ND Y HILL D (1997) *Bird census techniques*. Academic Press, Londres
- BLANCO DE (1999) Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Pp. 208–217 en: MALVÁREZ AI (ed) *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. ORCYT-UNESCO, Montevideo
- BURGER J (1974) Breeding biology and ecology of the Brown-hooded Gull in Argentina. *Auk* 91:601–613
- CODY ML (1985) *Habitat selection in birds*. Academic Press, Londres
- DANGAVS N (2005) Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. Pp. 219–236 en: DE BARRIO RE, ETCHEVERRY RO, CABALLÉ MF Y LLAMBÍAS E (eds) *Geología y recursos minerales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*. Asociación Geológica Argentina, La Plata
- EWINS PJ (1994) Birds breeding in or beneath Osprey nests in the Great Lakes basin. *Wilson Bulletin* 106:743–749
- GARCÍA BORBOROGLU P Y YORIO P (2004) Habitat requirements and selection by Kelp Gull (*Larus dominicanus*) in central and northern Patagonia, Argentina. *Auk* 121:243–252
- GHERSA CM Y LEÓN RJC (2001) Ecología del paisaje pampeano: consideraciones para su manejo y conservación. Pp. 471–512 en: NAVE Z Y LIEBERMAN AS (eds) *Ecología de paisajes*. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires
- GONZÁLEZ SAGRARIO MA Y BALSEIRO E (2003) Indirect enhancement of large zooplankton by consumption of predacious macroinvertebrates by littoral fish. *Archiv für Hydrobiologie* 158:551–574
- GROSMAN F Y SANZANO P (2008) Lagunas seleccionadas y rutina de muestreo. Pp. 39–46 en: GROSMAN F (ed) *Espejos en la llanura. Nuestras lagunas de la región pampeana*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil
- GUICKING D, MICKSTEIN S, BECKER PH Y SCHLATTER R (2001) Nest site selection by Brown hooded gull (*Larus maculipennis*), Trudeau's tern (*Sterna trudeaui*) and White-faced ibis (*Plegadis chihi*) in a South Chilean tule marsh. *Ornitología Neotropical* 12:285–296
- HILALUDDIN JNS Y SHAWL TA (2003) Nest site selection and breeding success by Cattle Egret and Little Egret in Amroha, Uttar Pradesh, India. *Waterbirds* 26:444–448
- LARSEN T Y MOLDSVOR J (1992) Antipredator behavior and breeding associations of Bar-tailed Godwits and Whimbrels. *Auk* 109:601–608
- MARTÍNEZ MM (1993) Las aves y la limnología. Pp. 127–142 en: BOLTOVSKOY A Y LÓPEZ HL (eds) *Conferencias de Limnología*. Instituto de Limnología Dr. R. A. Ringuelet, La Plata
- MARTÍNEZ MM (2001) Avifauna de Mar Chiquita. Pp. 227–250 en: IRIBARNE O (ed) *Reserva de Biosfera Mar Chiquita: características físicas, biológicas y ecológicas*. Editorial Martín, Mar del Plata
- PETRACCI PF Y BASANTA D (2002) Efectos positivos de la nidificación del Macá Común (*Rollandia rolland*) en una colonia de caracoleros (*Rostrhamus sociabilis*). *Ornitología Neotropical* 13:113–119
- DEL RÍO JL, MASSONE HE, MARTÍNEZ ARCA J, BÓ J Y BERNASCONI V (1992) *Carta ambiental de la cuenca del arroyo y laguna de los Padres*. Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Municipalidad de General Pueyrredón, Mar del Plata

- SIEGEL-CAUSEY D Y KHARITONOV SP (1990) Colony formation in seabirds. *Current Ornithology* 5:223–271
- WARD P Y ZAHAVI A (1973) The importance of certain assemblages of birds as “information centres” for food finding. *Ibis* 115:517–534
- WIENS JA (1989) *The ecology of bird communities. Volume 1. Foundations and patterns*. Cambridge University Press, Cambridge
- WITTENBERGER JF Y HUNT GL (1985) The adaptive significance of coloniality in birds. Pp. 2–78 en: FARNER DS, KING JR Y PARKES KC (eds) *Avian biology. Volume 8*. Academic Press, Orlando

WATERBIRD OCCURRENCE AND ABUNDANCE IN THE STROBEL PLATEAU, PATAGONIA, ARGENTINA

JULIO L. LANCELOTTI^{1,2,4}, LUCIANA M. POZZI^{1,2}, FEDERICO MÁRQUEZ^{1,2}, PABLO YORIO^{1,3}
AND MIGUEL A. PASCUAL^{1,2}

¹ Centro Nacional Patagónico (CONICET). Blvd. Brown 2825, U9120ACF Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

² Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

³ Wildlife Conservation Society. 2300 Southern Boulevard, 10460 Bronx, New York, USA.

⁴ julio@cenpat.edu.ar

ABSTRACT.— The Strobel Plateau is a conspicuous and representative basaltic plateau (“meseta”) in the Patagonian steppe, Argentina. This plateau is dotted with more than 1500 shallow lakes, which are regularly used by waterbirds and support one of the main breeding populations of the near threatened Hooded Grebe (*Podiceps gallardoi*). We collected data on bird presence and abundance in 41 shallow lakes, covering a wide spectrum of the wetland environmental variability found in the area. We conducted six surveys from spring to fall between 2004 and 2006. We recorded a total of 18 waterbird species, which represent 5 different families. Anatidae was the family most represented with 12 species, accounting for 85% of the observed waterbirds. Waterbird distribution among lakes was variable, from 2.4% occupied lakes for Wilson’s Phalarope (*Steganopus tricolor*) and Andean Ruddy-Duck (*Oxyura jamaicensis*) to 80% for Black-necked Swan (*Cygnus melanocorypha*), and abundance varied greatly both between species and seasons. The Hooded Grebe, in particular, was recorded in 14 lakes (1–81 individuals). Six species were detected breeding in the area: Hooded Grebe, Silvery Grebe (*Podiceps occipitalis*), Flying Steamer-Duck (*Tachyeres patachonicus*), Crested Duck (*Anas specularioides*), Upland Goose (*Chloephaga picta*), and White-winged Coot (*Fulica leucoptera*). The Hooded Grebe nested at four lakes, three of them not previously known to hold breeding birds. Results point to the need of further studies on the dynamic nature of waterbird lake use to adequately assess the importance of the Strobel Plateau as waterbird habitat.

KEY WORDS: *Patagonia argentina*, *Podiceps gallardoi*, *Strobel Plateau*, *waterbirds*.

RESUMEN. PRESENCIA Y ABUNDANCIA DE AVES ACUÁTICAS EN LA MESETA STROBEL, PATAGONIA, ARGENTINA.— La meseta Strobel, ubicada en la estepa patagónica, alberga más de 1500 lagunas que son utilizadas regularmente por aves acuáticas, incluyendo una de las principales poblaciones reproductivas del Macá Tobiano (*Podiceps gallardoi*), una especie endémica de la Patagonia austral. Se registró la presencia y abundancia de aves acuáticas en 41 lagunas, cubriendo el amplio espectro de la variabilidad ambiental de la región. Se llevaron a cabo seis campañas de campo desde fines de primavera a principios de otoño en el período 2004–2006. Se registraron un total de 18 especies de aves acuáticas correspondientes a cinco familias. La familia Anatidae fue la más representada con 12 especies, constituyendo el 85% de las aves acuáticas observadas. La distribución de las aves entre las lagunas fue variable, desde un 2.4% de lagunas ocupadas por el Falaropo Común (*Steganopus tricolor*) y el Pato Zambullidor Grande (*Oxyura jamaicensis*) hasta un 80% ocupadas por el Cisne Cuello Negro (*Cygnus melanocorypha*), y la abundancia varió mucho entre especies y estaciones. El Macá Tobiano, en particular, fue observado en 14 lagunas (1–81 individuos). Seis especies fueron detectadas reproduciéndose en la meseta: el Macá Tobiano, el Macá Plateado (*Podiceps occipitalis*), el Quetro Volador (*Tachyeres patachonicus*), el Pato Crestón (*Anas specularioides*), el Cauquén Común (*Chloephaga picta*) y la Gallareta Chica (*Fulica leucoptera*). El Macá Tobiano nidificó en cuatro lagunas, tres de las cuales no habían sido reportadas previamente como sitio de reproducción. Los resultados evidencian la necesidad de generar estudios futuros basados en la dinámica de uso de las lagunas para determinar adecuadamente la importancia de la meseta Strobel como hábitat para la avifauna acuática.

PALABRAS CLAVE: *aves acuáticas*, *meseta Strobel*, *Patagonia argentina*, *Podiceps gallardoi*.

Received 1 October 2008, accepted 1 August 2009

Wetlands have been widely recognized as primary resources for human activities, as well as irreplaceable habitat for a rich diversity of flora and fauna, particularly waterbird communities (Weller 1999). Despite the fact that wetlands remain among the world's most threatened habitats (Thorsell et al. 1997, Canevari et al. 1998, Williams 1999, Brinson and Malvárez 2002, Perotti et al. 2005), there is a considerable lack of basic information about their ecological characteristics and dynamics, as well as their importance at the regional level. Typically, this situation is more pronounced in remote areas where complete inventories of wildlife and water resources are still lacking.

In Patagonia, wetlands are prominent on the Andean region, which is characterized by its wealth of large lakes and rivers (Iglesias and Pérez 1998). In contrast, the Patagonian steppe receives less than 300 mm of rain per year, thus representing one of the most arid extensions in Argentina (Cabrera 1976). Whereas permanent water bodies are rare in this area, a system of several basaltic plateaus ("mesetas"), dotted with natural depressions that collect water from snow and ice melt, are prominent in the region (Iriondo 1989). The topography of such plateaus facilitates the development of complex shallow

lake assemblages, which are characterized by a rich environmental diversity (Lancelotti et al. 2009). Despite the potential importance of the extra-Andean wetlands, little is known about the wildlife that depends on them. Waterbird surveys have been only conducted in isolated shallow lakes, but although they have provided general information on waterbird occurrence (Fjeldså 1985, 1986, Imberti 2005a, 2005b, 2005c), they were mainly focused on detecting the presence and describing basic ecological aspects of the threatened Hooded Grebe (*Podiceps gallardoi*) (Erize 1981, Lange 1981, Fjeldså 1986, Beltrán et al. 1992, Johnson 1997). Up to date, no quantitative studies have described the composition of waterbird assemblages inhabiting these ecosystems.

The goal of this study was to provide the first quantitative description of waterbirds inhabiting the Strobel Plateau, a conspicuous and representative basaltic plateau in the Patagonian steppe. Covering an area of over 2500 km², this plateau is dotted with more than 1500 shallow lakes, variable in size, shape, and limnological characteristics (Lange 1981, Lancelotti et al. 2009), which are regularly used by waterbirds and support one of the most important breeding populations of the Hooded Grebe (Johnson

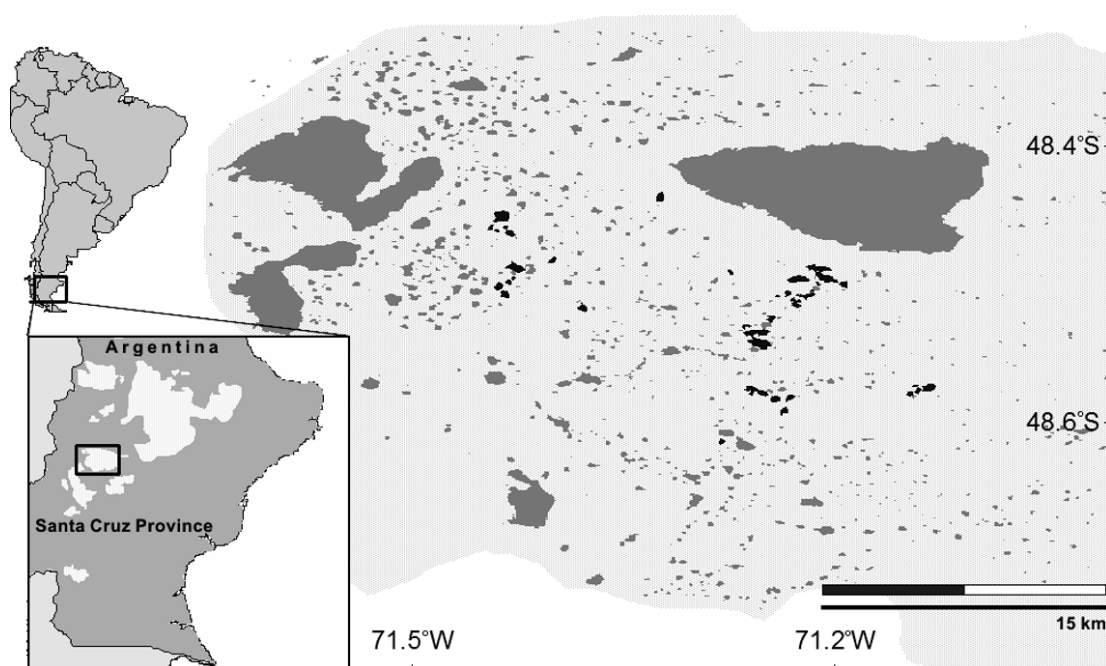


Figure 1. Map derived from a satellite image (Landsat 7) of the Strobel Plateau processed to mask land and highlight water bodies (grey polygons, with surveyed shallow lakes as black polygons). The insert showing Santa Cruz Province in Argentina indicates Strobel (black rectangle) and other plateaus (light gray polygons).

1997, Imberti 2005a). This area is also the focus of an insipient but growing rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture in this region. The beginning of this productive activity has generated concerns about the negative effects that fish introductions could have on waterbird communities (Pascual and Lancelotti 2006). Baseline information on the distribution and abundance of waterbirds is fundamental for the design of further research and the development of management and conservation strategies.

METHODS

The Strobel Plateau (48°50'S, 71°20'W; 900–1250 masl; 2500 km²; Fig. 1) is a basaltic plateau generated during tectonic events occurred in the Tertiary period (Panza and Franchi 2002). The posterior sinking of mantle originated numerous hollows, which collect water from snow and ice melting, generating a complex lake system (Pereyra et al. 2002). Much of these lakes are smaller than 24 ha, and approximately 200 of them exceed 10 ha. This region is characterized by a significant inter-annual hydrological variability. Even some of the medium-size lakes (12 ha, 6 m deep) dry out during low precipitation years. Wetlands in this region present a high diversity of topographic and physical-chemical conditions (pH 8–12.3, conductivity 11.7–9090 μ S, suspended solids 0.00165–1.3 mg/l, depth 0.7–22 m). Macrophyte cover, mostly vinagrilla (*Myriophyllum elatinoides*), varies widely seasonally and between lakes, reaching in some water bodies a maximum of 95% of the total surface (Lancelotti et al. 2009). Aquatic communities present an important diversity of benthic and pelagic crustaceans, with a dominance of amphipods of the genus *Hyalella* (Lucchini 1975, Menu Marque et al. 2000, Lancelotti, unpublished data). Previous studies (Fjeldsø 1986), observations by local people, and our own surveys failed to detect native fish in the shallow lakes of this area.

Based on a general inspection of the environments in the Strobel Plateau and on the analysis of satellite images (Landsat 7; Fig. 1) we selected 41 lakes for this study (Table 1), covering a wide spectrum of variability of wetlands found in the area. All 41 lakes were surveyed during the first study year, while due to logistical reasons we only surveyed a representative subset (20) of those 41 lakes during the second year. Lakes of the subset were selected considering their lim-

Table 1. Geographic location and area of shallow lakes surveyed in the Strobel Plateau during the 2004-2005 and 2005-2006 study periods.

	Latitud	Longitud	Area (ha)
Álvarez 10	48°27'29"S	71°27'32"W	17.32
Álvarez 101	48°27'29"S	71°25'59"W	5.03
Álvarez 103	48°27'40"S	71°26'17"W	4.46
Álvarez 7	48°27'04"S	71°26'06"W	59.95
Álvarez 9	48°27'43"S	71°25'48"W	18.34
Campamento	48°32'06"S	71°15'25"W	42.83
Cardielito	48°34'30"S	71°08'06"W	26.99
Casco	48°26'13"S	71°19'26"W	21.23
Chanchos	48°32'31"S	71°15'18"W	60.38
Compuerta	48°30'04"S	71°12'43"W	4.72
Dat log	48°31'59"S	71°15'58"W	3.48
Gallaretas	48°30'32"S	71°14'31"W	3.59
Grup	48°34'48"S	71°08'53"W	7.01
Herradura	48°30'54"S	71°13'41"W	16.81
Martínez 2	48°34'55"S	71°13'55"W	13.98
Martínez 29	48°34'37"S	71°12'50"W	9.15
Martínez 3	48°34'59"S	71°14'35"W	15.78
Martínez 39	48°34'37"S	71°15'25"W	44.45
Martínez 4	48°35'31"S	71°14'10"W	16.85
Nidos	48°36'36"S	71°16'48"W	8.76
Nueve	48°30'14"S	71°12'54"W	12.07
Ocho	48°30'35"S	71°13'21"W	23.04
Oliva	48°30'31"S	71°14'08"W	8.86
Patos	48°29'31"S	71°25'37"W	7.38
Pichón	48°30'03"S	71°19'14"W	4.34
Potrерito	48°29'59"S	71°12'02"W	6.25
Potrero	48°29'37"S	71°12'45"W	78.56
Puesto	48°34'29"S	71°08'40"W	4.33
Rodríguez 16	48°29'16"S	71°25'32"W	47.23
Rodríguez 18	48°29'55"S	71°25'53"W	7.61
Rodríguez 19	48°30'06"S	71°26'19"W	18.37
Rodríguez 2	48°27'46"S	71°18'52"W	23.62
Rodríguez 20	48°30'28"S	71°26'01"W	18.30
Rodríguez 3	48°27'39"S	71°21'38"W	12.29
Rodríguez 51	48°31'15"S	71°22'50"W	17.04
Rodríguez 8	48°28'29"S	71°24'20"W	7.42
Sat lag 2	48°33'10"S	71°15'27"W	1.95
Sat lag 7	48°30'21"S	71°13'03"W	2.07
Seis	48°31'33"S	71°14'47"W	15.28
Temp	48°30'06"S	71°11'47"W	12.50
Vega	48°29'53"S	71°17'06"W	9.21

nological characteristics (e.g., size, macrophyte cover, water color) in order to capture the environmental diversity observed on the plateau.

From early fall to early spring, lakes are covered by ice and snow, being the large lakes Strobel, Quiroga Grande and occasionally Quiroga Chico, the only water bodies that hold birds during this period (A Rodríguez, pers. com.).

Table 2. Relative frequency (RF), occupied lakes (O, in percentage), and relative importance index (RII) of each waterbird species observed in shallow lakes surveyed in the Strobel Plateau during the 2004-2005 and 2005-2006 study periods.

	2004-2005			2005-2006		
	RF	O	RII	RF	O	RII
Podicipedidae						
White-tufted Grebe (<i>Rollandia rolland</i>)	0.01	11.9	< 0.01	0.14	15.0	0.03
Silvery Grebe (<i>Podiceps occipitalis</i>) ^a	4.45	50.0	2.97	7.69	50.0	4.34
Hooded Grebe (<i>Podiceps gallardoi</i>) ^a	1.58	26.2	0.49	2.74	50.0	1.54
Phoenicopteridae						
Chilean Flamingo (<i>Phoenicopterus chilensis</i>)	1.21	35.7	0.59	1.51	35.0	0.65
Anatidae						
Andean Ruddy-Duck (<i>Oxyura jamaicensis</i>)	0.01	2.4	< 0.01	-	-	-
Argentine Ruddy-Duck (<i>Oxyura vittata</i>)	0.10	9.5	0.02	0.01	5.0	< 0.01
Flying Steamer-Duck (<i>Tachyeres patachonicus</i>) ^a	2.02	61.9	1.48	2.16	65.0	1.50
Rosy-billed Pochard (<i>Netta peposaca</i>)	0.21	11.9	0.04	0.18	15.0	0.04
Chiloé Wigeon (<i>Anas sibilatrix</i>)	16.50	59.5	10.20	17.81	70.0	13.16
Yellow-billed Pintail (<i>Anas georgica</i>)	7.19	57.1	4.27	1.10	55.0	0.66
Red Shoveler (<i>Anas platalea</i>)	17.51	54.7	10.05	32.05	75.0	25.08
Crested Duck (<i>Anas specularioides</i>) ^a	2.38	69.0	1.81	1.94	65.0	1.34
Speckled Teal (<i>Anas flavirostris</i>)	0.42	21.4	0.11	4.91	70.0	3.63
Coscoroba Swan (<i>Coscoroba coscoroba</i>)	3.43	23.8	0.38	0.76	35.0	0.33
Black-necked Swan (<i>Cygnus melanocorypha</i>)	33.27	61.9	21.60	21.34	80.0	17.62
Upland Goose (<i>Chloephaga picta</i>) ^a	3.43	47.6	1.76	3.06	65.0	1.99
Rallidae						
White-winged Coot (<i>Fulica leucoptera</i>) ^a	5.69	35.7	2.46	2.59	45.0	1.35
Scolopacidae						
Wilson's Phalarope (<i>Steganopus tricolor</i>)	0.59	2.4	0.02	-	-	-

^a Species that reproduce in the Strobel Plateau.

Six surveys were conducted covering three different seasons in two consecutive years: two in late spring (7–17 December 2004 and 24 November–2 December 2005), two in mid-summer (26 February–8 March 2005 and 17–27 January 2006), and two in early fall (7–16 April 2005 and 29 March–9 April 2006).

To evaluate presence and abundance of waterbirds, we made direct counts from one or more vantage points, depending on the size and shape of the lakes. We counted all birds present in each lake and identified them to the species level, using 10×50 binoculars and a 25× spotting scope. Only one observer made counts in each field trip. In total, we made 126 censuses in 41 different lakes, surveying 2143 ha during 210 hours of observation.

We calculated the median of total abundance of every species in each single season, taking into account only counts with positive observations. We calculated the frequency of occupied lakes using $p_i = N_i/N_t$, where N_i is the sum

of the abundance of species i in all lakes and N_t is the sum of the total abundance of all species involved. We estimated the Relative Importance Index (RII), defined by Bucher and Herrera (1981) and modified by Gatto et al. (2005), as $RII = 100 p_i (S_i + L_i)/(S_t + L_t)$, where S_i and L_i are the number of seasons and the number of lakes in which the species i was observed, respectively, and S_t and L_t are the total number of seasons and lakes, respectively. The index evaluates the relative importance of each species in proportion to its abundance, taking into account temporal and spatial variability. For each species, we calculated the absolute frequency as the sum of all of its individuals recorded, and the relative frequency as the absolute frequency divided by the sum of all individuals recorded for all species.

RESULTS

We recorded a total of 18 waterbird species throughout the study period (Table 2), which

Table 3. Median and maximum observed abundance of each waterbird species in spring, summer and fall during the 2004-2005 and 2005-2006 study periods in shallow lakes surveyed in the Strobel Plateau. Median abundance was calculated considering only lakes with positive observations for each species (number of lakes between parentheses).

	Median abundance						Maximum abundance					
	2004-2005			2005-2006			2004-2005			2005-2006		
	Spr	Sum	Fall	Spr	Sum	Fall	Spr	Sum	Fall	Spr	Sum	Fall
White-tufted Grebe	2 (1)	1 (3)	-	-	3 (2)	2.5 (2)	2	4	-	-	4	4
Silvery Grebe	11 (10)	25 (6)	22 (12)	14.5 (4)	16 (9)	20.5 (8)	135	56	167	32	190	48
Hooded Grebe	15 (4)	4.5 (6)	9 (6)	4 (5)	16 (6)	4 (7)	90	45	31	22	37	26
Chilean Flamingo	10.5 (10)	8 (6)	12 (5)	16 (4)	4.5 (6)	4 (3)	25	21	25	20	21	6
Andean Ruddy-Duck	1 (1)	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Argentine Ruddy-Duck	4 (1)	4.5 (2)	3 (1)	-	-	1 (1)	4	6	3	-	-	1
Flying Steamer-Duck	2 (19)	6 (13)	6 (10)	3 (7)	6 (8)	2 (9)	55	86	39	17	25	18
Rosy-billed Pochard	2 (3)	3 (2)	8 (3)	4 (2)	1 (1)	2.5 (2)	3	4	13	5	1	3
Chiloé Wigeon	111 (13)	29 (15)	22 (15)	16 (3)	90 (9)	9 (11)	400	130	175	476	188	40
Yellow-billed Pintail	30 (12)	17 (13)	4 (13)	1 (1)	2.5 (6)	2 (7)	123	173	25	1	28	11
Red Shoveler	44 (13)	21 (15)	22 (13)	114 (7)	48 (11)	82 (9)	920	135	114	543	135	145
Crested Duck	2.5 (16)	5 (15)	2 (13)	2 (9)	6 (8)	3 (7)	150	24	33	22	18	10
Speckled Teal	1 (1)	4 (7)	2.5 (4)	5 (5)	7.5 (8)	7 (7)	1	30	3	22	131	89
Coscoroba Swan	6 (3)	4.5 (6)	2 (5)	4 (4)	2 (3)	2 (5)	81	17	8	12	3	25
Black-necked Swan	26.5 (14)	67 (16)	43 (19)	25 (8)	41 (9)	32 (10)	2500	303	291	78	208	421
Upland Goose	6 (9)	3 (11)	7 (5)	1.5 (8)	12.5 (10)	-	121	108	48	10	81	-
White-winged Coot	13 (9)	20.5 (6)	4 (10)	4 (7)	24 (2)	6 (4)	82	284	100	88	41	17
Wilson's Phalarope	96 (1)	5 (1)	-	-	-	-	96	5	-	-	-	-

represent 5 bird families. Anatidae was the family most widely represented in the study area, with 12 species, followed by Podicipedidae, with 3 species (Table 2). The family Anatidae accounted for 86.5% (20614 individuals) of the observed waterbirds and Podicipedidae was the second in abundance, comprising 8% of the observed birds. From those in the family Podicipedidae, 73.7% corresponded to the Silvery Grebe (*Podiceps occipitalis*) and 26.6% to the Hooded Grebe (467 individuals observed; Table 2). We recorded another four species related with water bodies, but we did not include them in the data set of waterbirds analyzed because the census methodology did not allow an adequate estimation of their numbers. These included the shorebirds Two-banded Plover (*Charadrius falklandicus*), White-rumped Sandpiper (*Calidris fuscicollis*) and Magellanic Plover (*Pluvianellus socialis*), and the Kelp Gull (*Larus dominicanus*).

Waterbird distribution among lakes was variable, from 2.4% occupied lakes for the Wilson's Phalarope (*Steganopus tricolor*) and Andean Ruddy-Duck (*Oxyura jamaicensis*) to 80% for the Black-necked Swan (*Cygnus melanocorypha*)

(Table 2). Many of the waterbird species showed a widespread distribution among lakes, as we observed them in over half of the surveyed water bodies in at least one of the study years.

Bird abundance varied between species and seasons, from a median of 1 to 111 individuals (Table 3). Maximum counts varied between 1 for the Speckled Teal (*Anas flavirostris*), Yellow-billed Pintail (*Anas georgica*), Rosy-billed Pochard (*Netta peposaca*) and Argentine Ruddy-Duck (*Oxyura vittata*), and 2500 for the Black-necked Swan (Table 3).

The Black-necked Swan, the Chiloé Wigeon (*Anas sibilatrix*) and the Red Shoveler (*Anas platalea*) were the most abundant and widespread species, occupying over 50 and 70% of the surveyed lakes in the first and second study years, respectively (Table 2). This predominance was reflected in the relative importance index, with clearly higher values when compared to the other species. Almost 60% of the recorded species showed relative importance index values larger than 0.5 in at least one year. Although several species changed their relative importance between years, the general pattern remained similar (Table 2).

We recorded the Hooded Grebe in 14 of the lakes surveyed in the two years, in numbers that varied between 1–81 individuals (Table 4). We also recorded breeding activity in four of the lakes: Ocho, Herradura, Martínez 4 and Potrerito (Table 4). Nest numbers ranged from 2 to 40. Observation of eggs was difficult, but adult grebes were sitting on their nests suggesting incubating behaviour. We were able to confirm the presence of eggs in 1 of the 40 nests in Ocho Lake during the late spring of 2004 and in 4 of the 13 recorded nests in Herradura Lake during late spring of 2005. We recorded Hooded Grebe chicks only during the summer of 2006 at Martínez 4 Lake, although our observations underestimate chick presence given the difficulty in discriminating chicks from Hooded Grebe and Silvery Grebe (we recorded Hooded Grebe chicks only in cases of unambiguous identification based on behaviour; e.g., when being fed by their parents or carried on their parents’ backs). In addition to the Hooded Grebe, five other species were recorded breeding in the study area: Silvery Grebe, Flying Steamer-Duck (*Tachyeres patachonicus*), Crested Duck (*Anas specularioides*), Upland Goose (*Chloephaga picta*) and White-winged Coot (*Fulica leucoptera*) (Table 2).

Table 4. Hooded Grebe (*Podiceps gallardoi*) abundance (number of individuals) in spring, summer and fall during the 2004-2005 and 2005-2006 study periods in shallow lakes surveyed in the Strobel Plateau. The number of nests is shown between parentheses. The code following lake’s name corresponds to that used by Johnson (1997); lakes without code were not surveyed by this author.

	2004-2005			2005-2006		
	Spr	Sum	Fall	Spr	Sum	Fall
Cardielito (S86)						6
Herradura		10	15		41 (13)	1
Martínez 4 (S94)	24		6	9 (2)	31	10
Nidos		2				
Ocho	81 (40)	45	31	22	22	26
Oliva		7	1	4		
Potrero	6 (2)				2	
Potrero (M8)			6	2		4
Rodríguez 16		2				
Rodríguez 18						3
Rodríguez 51		1				
Sat lag 7					9	4
Temp			12	3	2	8
Vega (S121)	3					

At the individual lake level, total bird abundance showed considerable variation both within and between years (Fig. 2). Cardielito Lake, for example, held over 1300 birds in late spring 2004 while in the summer and early fall 2005 numbers were less than 400 birds. The number of waterbirds in each lake also varied between years, particularly during late spring and summer, remaining fairly constant during the fall (Fig. 2).

DISCUSSION

The Strobel Plateau represents an important reservoir of water in the arid Patagonian steppe, characterized for a high environmental variability (Lancelotti et al. 2009). This plateau has previously been reported to represent primary

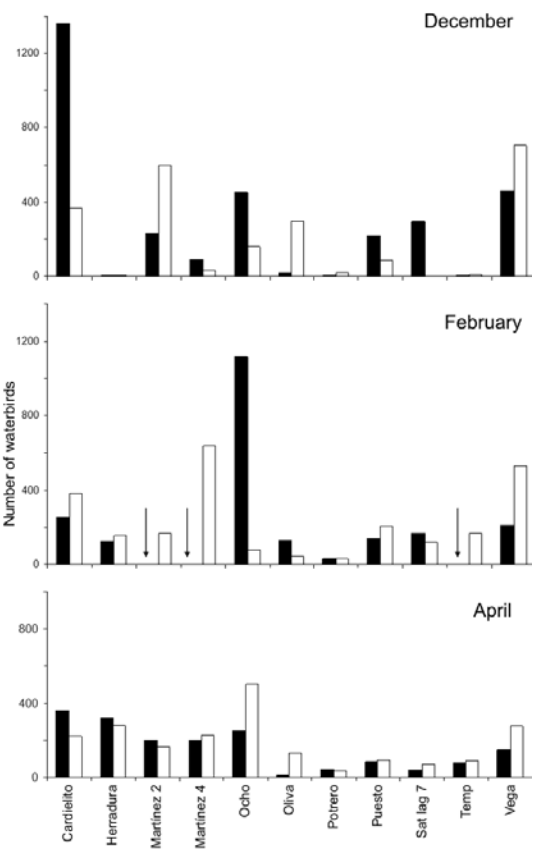


Figure 2. Waterbird abundance in eleven shallow lakes surveyed in the Strobel Plateau during spring (December), summer (February) and fall (April) of 2004-2005 (black bars) and 2005-2006 (white bars) study periods. Arrows indicate non available data.

habitat for a diversity of birdlife (Fjelds  1986, Beltrán et al. 1992, Johnson 1997, Imberti 2005a). The importance of this plateau for birds has been widely recognized and due to the presence of the near threatened Hooded Grebe, Chilean Flamingo (*Phoenicopiterus chilensis*), Magellanic Plover and other waterbird concentrations, it has been designated as an Important Bird Area (Di Giacomo 2005, Imberti 2005a). However, very little is known about bird populations, and except for the Hooded Grebe, information on bird distribution and abundance is scarce. Fjelds  (1986), for example, reports that a survey of 118 lakes indicated the presence of an estimated 13000 waterfowl and almost 1000 grebes in 1984, but he does not present data by species or location. Our results show that at least 18 waterbird species use the aquatic environments of the Strobel Plateau, with numbers at some lakes that may reach hundreds of individuals.

The family Anatidae was clearly the most widely represented, both in number of individuals and number of lakes occupied. Among these, Black-necked Swan, Chiloé Wigeon and Red Shoveler dominated waterbird assemblages. In addition, at least five species bred in the plateau, including endemic species of Patagonia such as Hooded Grebe and Flying Steamer-Duck. The Strobel Plateau had been previously recognized as one of the most important breeding grounds for the Hooded Grebe (Beltrán et al. 1992, Johnson 1997). Three of the Hooded Grebe colonies recorded in this study were found in lakes not previously surveyed (see Table 4; Johnson 1997). The identification of new breeding sites constitutes an important step for the spatial planning of the area and the conservation of this near threatened species. This information, for example, could be used in planning rainbow trout culture activity in order to preserve lakes used by the Hooded Grebe (Lancelotti et al. 2009).

In all surveys, we observed contrasting differences in bird abundances, even between neighbouring lakes. Substantial variation exists between lakes regarding their general limnological and topographic characteristics, such as the percentage of emerged macrophytes, salinity, water depth and lake size (Lancelotti et al. 2009). These characteristics are well known to affect the distribution and abundance of waterbirds, and could explain specific waterbird preferences in several wetlands (e.g., Skagen and Knopf 1994, Weller 1999, Boyle et al.

2004, Connor and Gabor 2006, Guadagnin and Maltchik 2007), including the Strobel Plateau (Lancelotti et al. 2009).

Repeated surveys of individual lakes showed that waterbird numbers can vary substantially among seasons. In addition, we frequently observed bird movements between neighbouring lakes which could result in considerable variation in bird abundance even between days. The relatively short distance between shallow lakes facilitates these movements. For example, only 60 km separates the two most distant shallow lakes in this plateau, and the area between them is dotted with a continuous spread of several hundred lakes. In this scenario, birds can cover their ecological requirements from an ample environmental spectrum and migrate with low energetic costs between individual shallow lakes in response to changing environmental conditions (e.g., water levels, food availability, disturbance). Many waterbird species have been shown to exploit mosaics of wetland habitat for feeding and breeding, and their survival is likely to depend on a wetland-network rather than on individual water bodies (Skagen and Knopf 1994, Williams 1999, Guadagnin and Maltchik 2007). Future studies should focus on the dynamic nature of waterbird lake use and extend the analysis to include other lakes to adequately assess the importance of the Strobel Plateau as waterbird habitat from a more integral perspective.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Julio and Pirincho Citadini and the Rodríguez family for allowing us to survey lakes within Estancia Laguna Verde and Lago Strobel, and providing logistical support during the study. We thank An bal Lezcano and Cristian G mez for assistance during field trips. This research has been funded by Agencia PICT 13550.

LITERATURE CITED

- BELTRÁN J, BERTONATTI C, JOHNSON A, SERRET A AND SUTTON P (1992) Actualizaciones sobre la distribución, biología y estado de conservación del Mac  Tobiano (*Podiceps gallardoi*). *Hornero* 13:193–199
- BOYLE TP, CAZIANI SM AND WALTERMIRE RG (2004) Land-sat TM inventory and assessment of waterbird habitat in the southern altiplano of South America. *Wetlands Ecology and Management* 12:563–573
- BRINSON MM AND MALVÁREZ AI (2002) Temperate freshwater wetlands: types, status and threats. *Environmental Conservation* 29:115–133

- BUCHER E AND HERRERA G (1981) Comunidades de aves acuáticas de la laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). *Ecosur* 8:91–120
- CABRERA AL (1976) Regiones fitogeográficas argentinas. Pp. 1–85 in: *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Tomo II. Fascículo 1. ACME, Buenos Aires
- CANEVARI P, BLANCO DE, BUCHER EH, CASTRO G AND DAVIDSON I (1998) *Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Wetlands International, Buenos Aires
- CONNOR KJ AND GABOR S (2006) Breeding waterbird wetland habitat availability and response to water-level management in Saint John River floodplain wetlands, New Brunswick. *Hydrobiologia* 567:169–181
- DI GIACOMO AS (2005) *Áreas importantes para la conservación de las aves en la Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- ERIZE F (1981) Observaciones sobre el Macá Tobiano. *Hornero* Número Extraordinario:256–268
- FJELDSÅ J (1985) Origin, evolution and status of the avifauna of Andean Wetlands. *Ornithological Monographs* 36:85–112
- FJELDSÅ J (1986) Feeding ecology and possible life history tactics of the Hooded Grebe *Podiceps Gallardoi*. *Ardea* 74:40–58
- GATTO A, QUINTANA F, YORIO PM AND LISNIZER N (2005) Abundancia y diversidad de aves acuáticas en un humedal marino del golfo San Jorge, Argentina. *Hornero* 20:141–152
- GUADAGNIN DL AND MALTCHIK L (2007) Habitat and landscape factors associated with Neotropical waterbird occurrence and richness in wetland fragments. *Biodiversity and Conservation* 16:1231–1244
- IGLESIAS GJ AND PÉREZ AA (1998) Patagonia. Pp. 115–135 in: CANEVARI P, BLANCO DE, BUCHER EH, CASTRO G AND DAVIDSON I (eds) *Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Wetlands International, Buenos Aires
- IMBERTI S (2005a) Meseta Lago Strobel. Pp. 415–416 in: DI GIACOMO AS (ed) *Áreas importantes para la conservación de las aves en la Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- IMBERTI S (2005b) Meseta Lago Buenos Aires. Pp. 420–422 in: DI GIACOMO AS (ed) *Áreas importantes para la conservación de las aves en la Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- IMBERTI S (2005c) Meseta del Asador. Pp. 422–423 in: DI GIACOMO AS (ed) *Áreas importantes para la conservación de las aves en la Argentina. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- IRIONDO M (1989) Quaternary lakes of Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 70:81–88
- JOHNSON AE (1997) *Distribución geográfica del Macá Tobiano (Podiceps gallardoi)*. Boletín Técnico 33, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires
- LANCELOTTI J, POZZI LM, DIÉGUEZ MC, YORIO PM AND PASCUAL MA (2009) Fishless shallow lakes of Southern Patagonia as habitat for waterbirds at the onset of trout aquaculture. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 19:497–505
- LANGE CE (1981) Una temporada de observaciones sobre *Podiceps gallardoi* (Aves Podicipediformes): ecología y etología. *Neotropica* 27:39–56
- LUCCHINI L (1975) Estudio ecológico preliminar de las diatomeas perifíticas y bentónicas como alimento de anfípodos lacustres (Lago Cardiel, Provincia de Santa Cruz). *Physis, B* 34:85–97
- MENU MARQUE S, MORRONE JJ AND LOCASCIO C (2000) Distributional patterns of the South American species of *Boeckella* (Copepoda: Centropagidae): a track analysis. *Journal of Crustacean Biology* 20:262–272
- PANZA J AND FRANCHI M (2002) Magmatismo basáltico cenozoico extrandino. Pp. 201–236 in: HALLER MJ (ed) *Geología y recursos naturales de Santa Cruz. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino*. Asociación Geológica Argentina, El Calafate
- PASCUAL MA AND LANCELOTTI JL (2006) *Memoria del Taller de Trabajo "La producción e impacto del cultivo extensivo de trucha arco iris exótica en lagunas de la zona del Lago Strobel, provincia de Santa Cruz"*. Reporte Técnico 1-06, SPAP-CENPAT, Puerto Madryn
- PEREYRA F, FAUQUÉ L AND GONZÁLEZ DÍAZ E (2002) Geomorfología. Pp. 325–352 in: HALLER MJ (ed) *Geología y recursos naturales de Santa Cruz. Relatorio del XV Congreso Geológico Argentino*. Asociación Geológica Argentina, El Calafate
- PEROTTI MG, DIÉGUEZ MC AND JARA FG (2005) Estado del conocimiento de humedales del norte patagónico (Argentina): aspectos relevantes e importancia para la conservación de la biodiversidad regional. *Revista Chilena de Historia Natural* 78:723–737
- SKAGEN SK AND KNOPF FL (1994) Migrating shorebirds and habitat dynamics at a prairie wetland complex. *Wilson Bulletin* 106:91–105
- THORSELL J, FERSTER LEVY R AND SIGATY T (1997) *A global overview of wetlands and marine protected areas on the World Heritage List*. IUCN and The World Conservation Monitoring Centre, Gland
- WELLER M (1999) *Wetlands birds: habitat resources and conservation implications*. Cambridge University Press, Cambridge
- WILLIAMS WD (1999) Conservation of wetlands in drylands: a key global issue. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9:517–522

ASINCRONÍA DE PUESTA Y REPOSICIÓN DE LA NIDADA EN EL CORMORÁN CUELLO NEGRO (*PHALACROCORAX MAGELLANICUS*): ¿EVIDENCIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE SU FUENTE DE ALIMENTO?

ALEXANDRA SAPOZNIKOW^{1,3} Y FLAVIO QUINTANA^{1,2}

¹ Centro Nacional Patagónico (CONICET). Blvd. Brown 2825, U9120ACF Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

² Wildlife Conservation Society. 2300 Southern Boulevard, 10460 Bronx, Nueva York, EEUU.

³ Dirección actual: Paso 348, 9120 Puerto Madryn, Chubut, Argentina. alexamadryn@yahoo.com.ar

RESUMEN.— Durante las temporadas reproductivas 2001 y 2002 se estudió la biología reproductiva del Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) en Punta Loma, Chubut, Argentina. Los cormoranes presentaron un periodo de puesta prolongado (3–4 meses) con una alta asincronía de puesta y un bajo éxito de volantones (cercano al 50%). En la primera temporada, el número de pichones independizados por nido fue independiente de la fecha de puesta, mientras que en la segunda se observó una disminución del número de pichones independizados cuando las puestas se realizaron hacia el final del período reproductivo. Un alto porcentaje de parejas repuso su nidada en ambos años (16–22%). El número de pichones independizados por nido en la segunda puesta fue similar al de la primera puesta en ambas temporadas. La extensa duración y asincronía del período de puesta, el alto porcentaje de reposición de nidada (con un éxito de volantones similar al de las parejas con una sola puesta) y la baja o nula relación entre el éxito reproductivo y la fecha de puesta, apoyan la idea de la existencia y utilización de fuentes de alimento relativamente estables y predecibles por parte del Cormorán Cuello Negro.

PALABRAS CLAVE: Argentina, asincronía, biología reproductiva, Cormorán Cuello Negro, *Phalacrocorax magellanicus*, reposición.

ABSTRACT. ASYNCHRONOUS LAYING AND RENESTING IN THE ROCK SHAG (*PHALACROCORAX MAGELLANICUS*): AN EVIDENCE OF THE CHARACTERISTICS OF THEIR FOOD SOURCES?— We studied the breeding biology of the Rock Shag (*Phalacrocorax magellanicus*) at Punta Loma colony, Chubut, Argentina, during 2001 and 2002 breeding seasons. The egg laying period was long (3–4 months) and asynchronous, while fledging success was low (50%). During the first breeding season, the number of fledglings per nest was not related to laying date, while during the second breeding season there was a reduction in the fledging success of the pairs that laid their eggs late in the season. A high percentage of couples renested after loosing the first clutch (16–22%). In both seasons, the number of chicks fledged in replacement clutches was similar to that in first clutches. The extended and asynchronous egg-laying period, combined with a high rate of renesting (with a fledging success similar to that of single-laying couples), and the low relationship observed between breeding success and laying date, supports the idea of a highly stable and predictable food source for the Rock Shag.

KEY WORDS: Argentina, asynchrony, breeding biology, *Phalacrocorax magellanicus*, renesting, Rock Shag.

Recibido 3 noviembre 2008, aceptado 28 agosto 2009

Las aves marinas generalmente sincronizan su reproducción cuando las condiciones ambientales son óptimas y la abundancia de presas es máxima, de manera de maximizar su éxito reproductivo (Lack 1967, Gochfeld 1980, Schreiber 2002). Sin embargo, la competencia por el alimento puede ser alta cuando los pichones de una colonia nacen de manera sincrónica. Por lo tanto, a menos que exista algún

otro tipo de ventaja (e.g., social; Emlen y Demong 1975), en aquellas situaciones en que el alimento está disponible de manera permanente podrían esperarse temporadas reproductivas más laxas, en las que la puesta de huevos se realice durante un periodo más prolongado y disminuya la superposición temporal de nidos en el mismo estadio reproductivo (Gochfeld 1980).

En zonas templadas y polares, donde hay una estacionalidad marcada, es común que las aves que inician la reproducción hacia el final de la temporada tengan puestas de menor tamaño o menor éxito de eclosión o reproductivo que aquellas que se reproducen tempranamente (Perrins 1970, Nilsson 1994, Svensson 1997, Moreno 1998). En varios estudios se han encontrado evidencias de este hecho en especies de los cuatro órdenes de aves marinas (Boersma y Ryder 1983, Ollason y Dunnet 1988, Wanless y Harris 1988, Moreno et al. 1997). Hay distintas hipótesis que intentan explicar este patrón (ver revisión en Moreno 1998). Una de ellas propone que existen cambios en la disponibilidad de alimento durante la época reproductiva, por lo que las parejas que se reproducen hacia el final de la temporada (luego del momento de máxima abundancia de presas) tienen un menor éxito reproductivo (Perrins 1970, Martin 1987). De acuerdo a esto, es de esperar que en ambientes con fuentes de alimento más estables y predecibles, el período reproductivo sea más prolongado y que no existan diferencias marcadas en el éxito reproductivo en relación a la fecha de puesta (Gochfeld 1980).

La reposición de la nidada es otro evento que podría estar asociado a las características de las fuentes de alimento, siendo más o menos exitosa de acuerdo a la estabilidad espacio-temporal de éstas (Milonoff 1989, Arnold 1993). En las aves marinas, la reposición suele ser interpretada como una respuesta a eventos impredecibles que causan la pérdida de la nidada, tales como grandes temporales e inundaciones (Parsons 1975, White et al. 1976, Storey 1987, Brown y Morris 1996) o predación extrema (Nisbet y Welton 1984, Massey y Fancher 1989). Sin embargo, la disponibilidad de alimento puede ser un factor que influye sobre la decisión efectiva de reponer la nidada (Pierotti y Bellrose 1986). En el grupo de los cormoranes, la reposición de la nidada podría no constituir un hecho aislado, ya que la puesta no representa un costo energético alto debido al pequeño tamaño de los huevos en relación a la masa de los adultos (Johnsgard 1993). Sin embargo, unos pocos casos de reposición de nidada han sido registrados: en el Cormorán Orejudo (*Phalacrocorax auritus*) (Van Tets 1965), en el Cormorán Sargento (*Phalacrocorax penicillatus*) (Boekelheide y Ainley 1989) y en el Cormorán Moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) (Grau 1996).

Si bien el Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) es una especie ampliamente distribuida (desde los 42°S en la costa atlántica de Argentina hasta los 37°S en la costa del Pacífico en Chile; Johnsgard 1993), solo se conocen unos pocos estudios sobre su biología reproductiva en algunas colonias de la provincia de Chubut, en Argentina. Mientras que algunos trabajos describen particularmente las características de los sitios de nidificación (Punta et al. 2003c), otros detallan algunos aspectos de su ciclo reproductivo tales como el período de puesta, el tamaño de nidada, las dimensiones de los huevos y la supervivencia de los pichones (Punta y Saravia 1993, Malacalza 1995, Punta et al. 2003b). Este trabajo constituye un aporte al conocimiento de la biología y el comportamiento reproductivo del Cormorán Cuello Negro, ya que brinda información recopilada en forma sistemática durante dos temporadas consecutivas en una de las colonias más numerosas de la especie en la costa patagónica (Yorio et al. 1998, Frere et al. 2005). Además de proporcionar información sobre aspectos básicos de su biología reproductiva, se determinó con precisión la extensión de los períodos de puesta y eclosión, se analizó la variación interanual de algunos de los parámetros reproductivos, se determinó la existencia de casos de reposición de nidada y se analizaron posibles cambios en el éxito reproductivo del Cormorán Cuello Negro en relación a la fecha de puesta y la reposición de la nidada.

MÉTODOS

Durante 2001 y 2002 se estudiaron distintos aspectos de la biología reproductiva del Cormorán Cuello Negro en Punta Loma, Chubut, Argentina (42°49'S, 64°53'O). En ambos años se realizó un seguimiento sistemático de una serie de nidos entre septiembre y marzo, de manera de conocer el tamaño de nidada, la pérdida de huevos y pichones, el éxito reproductivo y la fenología de puesta y eclosión. En ambos períodos se estimó el tamaño de colonia a través del conteo directo de los nidos. Debido a que esta especie permanece en su nido aún luego de la temporada reproductiva (Sapoznikow y Quintana 2008), se consideró como nido a todo aquel que, durante el momento del conteo, se encontraba ocupado por una pareja, presentaba signos de uso (con presencia de guano o algas frescas) o contenía huevos. Se identificaron,

usando fotografías y esquemas de disposición espacial, 97 y 84 nidos (en 2001 y 2002, respectivamente) para su seguimiento a lo largo de la temporada. Las visitas a los nidos se realizaron cada dos días desde la puesta del primer huevo (principios de octubre) hasta el nacimiento de los pichones y cada 4–7 días en la etapa de crecimiento de pichones hasta el abandono del nido (fines de marzo). Durante cada visita se registró el número de huevos y pichones en cada nido. Con esta información se analizó el patrón temporal de puesta y eclosión, y se calcularon algunos de sus parámetros reproductivos.

El tiempo de incubación, el porcentaje de pérdida de huevos (número de huevos no eclosionados en relación al total de huevos puestos) y el éxito de eclosión (número de huevos eclosionados por nido) fueron calculados solamente en base a las primeras puestas de los nidos estudiados. En cambio, para calcular el porcentaje de pérdida de pichones (número de pichones que no llegaron a la edad de volantón en relación al total de pichones nacidos) y el éxito de volantones (número de pichones que llegaron a volantón por nido) se consideró la segunda puesta (y no la primera) para los casos que presentaron reposición de la nidada, ya que es el resultado de la segunda puesta el que realmente contribuye al número de pichones que aporta el nido (ver Libenson 1997). Se consideró que un pichón había abandonado el nido por sus medios cuando no se lo encontraba en el nido a una edad mayor a los 50 días. Dada la ubicación de los nidos sobre el acantilado, la única manera de abandonar el nido es volando hacia el mar. Como a los 50 días de edad los pichones ya han perdido su plumón y adquieren su plumaje completo, solamente aquellos que alcanzan esta edad están en condiciones de ser volantones (Libenson 1997, Sapoznikow, obs. pers.).

Se evaluó la relación entre la proporción de volantones (en relación a la cantidad de huevos puestos en cada nido) y la fecha de comienzo de puesta. Esta relación se estudió mediante la aplicación de un Modelo Lineal Generalizado (McCullagh y Nelder 1989) utilizando el programa R (Institute for Statistics and Mathematics 2009). Debido a la naturaleza de los datos se consideró una estructura del error binomial y una función de enlace logística. Este análisis se realizó por separado para cada año y se evaluó la significación de la fecha de puesta del primer huevo en cada nido como variable explicativa con un análisis de *deviance*, tomando como valor

crítico el de la distribución Chi-cuadrado ($\alpha = 0.05$) ya que los valores de *deviance* exhiben un comportamiento asintótico según esta distribución. En este análisis solo se consideró la primera puesta de cada nido y no se tuvieron en cuenta los casos de reposición, ya que éstos no son independientes.

Debido a la dificultad para acceder a algunos nidos no fue posible obtener la misma información en todos ellos. Por lo tanto, el número de nidos utilizados para determinar los diferentes parámetros es distinto. Aunque no todos los adultos fueron anillados en este estudio, el seguimiento de individuos y parejas anilladas durante el periodo de estudio indican que el Cormorán Cuello Negro en Punta Loma presenta una alta fidelidad a la pareja y al nido, y que permanece en el mismo nido incluso durante la temporada no reproductiva (Sapoznikow y Quintana 2008). Por este motivo, se consideró improbable que durante la realización de este trabajo se hayan producido cambios en los integrantes de la pareja o que parejas no exitosas abandonaran su nido y éste fuera ocupado por otras.

RESULTADOS

Parámetros reproductivos

El tamaño de la colonia de Punta Loma fue de 283 y 252 nidos en las temporadas 2001 y 2002, respectivamente. Sin embargo, no todas las parejas observadas en los nidos se reprodujeron. La proporción de nidos activos (i.e., de parejas que realmente se reprodujeron) fue similar entre temporadas ($\chi^2_{1,0.05} = 1.51, P = 0.22$): 83 de las 97 parejas (86%) pusieron huevos en 2001, mientras que en 2002 lo hicieron 66 de 84 parejas (78%) (Tabla 1).

En ambas temporadas la puesta se realizó de manera asincrónica, extendiéndose hasta casi cuatro meses. Sin embargo, el patrón de puesta fue diferente entre temporadas (Prueba de Kolmogorov-Smirnov, $P < 0.001$): en 2001 se inició el 3 de octubre y se extendió por 76 días, hasta el 17 de diciembre, y en 2002 las parejas comenzaron la puesta casi dos semanas más tarde (16 de octubre) y ésta se extendió un 30% más de tiempo (114 días, hasta el 7 de febrero de 2003). Estas diferencias se reflejaron en la mediana de la fecha de puesta de cada temporada: mientras que en 2001 el 50% de los primeros huevos fue puesto antes del 3 de noviembre, en 2002 la mediana de la fecha de puesta fue el 3

Tabla 1. Parámetros reproductivos del Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) en Punta Loma, Chubut, Argentina, durante las temporadas reproductivas 2001 y 2002. Los valores se presentan como promedio $\pm$ DE, con el tamaño de muestra entre paréntesis (excepto para los parámetros expresados en porcentaje).

	2001	2002
Tamaño de nidada	2.6 $\pm$ 0.8 (69)	2.1 $\pm$ 0.9 (43)
Parejas que iniciaron puesta (%)	86	78
Pérdida de huevos (%)	50	69
Éxito de eclosión	1.3 $\pm$ 0.9 (77)	0.7 $\pm$ 0.9 (45)
Pérdida de pichones (%)	50	59
Éxito de volantones	0.5 $\pm$ 0.6 (69)	0.4 $\pm$ 0.6 (45)

de diciembre (Fig. 1). El tamaño promedio de nidada fue superior a los dos huevos por nido en ambas temporadas (Tabla 1), aunque significativamente mayor en 2001 (Prueba de Mann-Whitney; $Z = 2.35, P = 0.02$). En ambas temporadas la moda fue de tres huevos por nido.

El periodo promedio ($\pm$ DE) de incubación fue de 31 ± 3.2 días ($n = 40$ nidos) y 32 ± 3.4 días ($n = 22$ nidos) en 2001 y 2002, respectivamente, y no se encontraron diferencias significativas entre años (Prueba de Mann-Whitney; $Z = 1.53, P = 0.13$). Para la estimación de dicho período solo se consideraron aquellos nidos para los que se conocía la fecha de puesta y eclosión con una diferencia menor a dos días.

En ambas temporadas el porcentaje de pérdida de huevos fue igual o superior al 50% del total de huevos puestos, y fue significativamente diferente entre las dos temporadas ($\chi^2_{1,0.05} = 6.10, P = 0.01$; Tabla 1). En la mayor parte de los casos

los huevos desaparecieron de los nidos, por lo que las causas de pérdida no pudieron ser establecidas.

El éxito de eclosión fue mayor en 2001 que en 2002 (Prueba de Mann-Whitney; $Z = 2.87, P = 0.003$; Tabla 1). Al igual que la puesta, en ambas temporadas la eclosión fue asincrónica y se extendió por más de dos meses (67 y 72 días en 2001 y 2002, respectivamente; Fig. 2). El patrón de eclosión fue diferente entre temporadas (Prueba de Kolmogorov-Smirnov, $P < 0.001$): en 2001 los primeros pichones comenzaron a nacer hacia la primera semana de noviembre, mientras que en 2002 lo hicieron hacia la primera semana de diciembre. De esta manera, la mediana de la fecha de eclosión del primer huevo estuvo desfasada por casi un mes entre ambas temporadas (4 y 31 de diciembre para 2001 y 2002, respectivamente; Fig. 2). En ambas temporadas el periodo de eclosión en la colonia estuvo superpuesto con el de incubación.

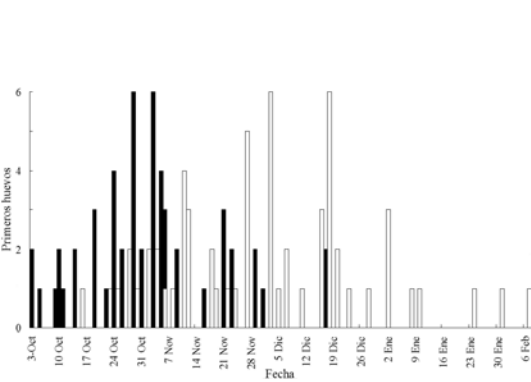


Figura 1. Número de primeros huevos puestos por día por el Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) a lo largo de las temporadas reproductivas 2001 (barras negras) y 2002 (barras blancas) en Punta Loma, Chubut, Argentina.

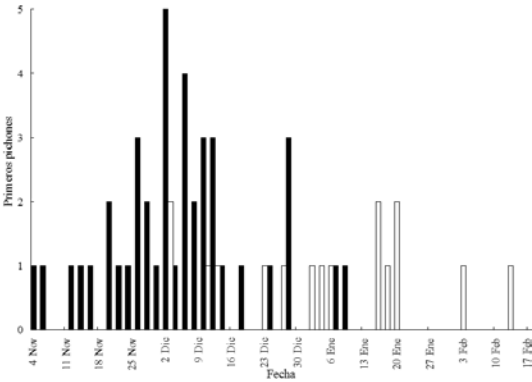


Figura 2. Número de primeros pichones nacidos por día de Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) a lo largo de las temporadas reproductivas 2001 (barras negras) y 2002 (barras blancas) en Punta Loma, Chubut, Argentina.

Tabla 2. Parámetros reproductivos en nidadas únicas y en segundas puestas del Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) en Punta Loma, Chubut, Argentina, durante las temporadas reproductivas 2001 y 2002. Los valores se presentan como promedio $\pm$ DE, con el tamaño de muestra entre paréntesis (excepto para los parámetros expresados en porcentaje).

	2001		2002	
	Puesta única	Segunda puesta	Puesta única	Segunda puesta
Tamaño de nidada	2.1 $\pm$ 0.5 (60)	2.5 $\pm$ 0.8 (13)	1.9 $\pm$ 0.9 (29)	1.6 $\pm$ 0.6 (11)
Pérdida de huevos (%)	44	80	67	66
Éxito de eclosión	1.4 $\pm$ 0.9 (58)	0.5 $\pm$ 0.7 (10)	0.7 $\pm$ 0.4 (37)	0.5 $\pm$ 0.4 (11)
Pérdida de pichones (%)	40	53	44	83
Éxito de volantones	0.6 $\pm$ 0.7 (57)	0.3 $\pm$ 0.7 (12)	0.4 $\pm$ 0.6 (37)	0.1 $\pm$ 0.4 (8)

El porcentaje de pérdida de pichones fue independiente de la temporada ($\chi^2_{1,0.05} = 1.27$, $P = 0.26$; Tabla 1). En 2001 el 50% de los pichones nacidos llegó a la edad de volantón (36 de 72), mientras que en 2002 el 41% de los pichones nacidos alcanzó esa edad (16 de 39) (Tabla 1). Al igual que los huevos, los pichones desaparecieron del nido, por lo que las causas de muerte no pudieron ser establecidas. El éxito de volantones fue menor en 2002 (Prueba de Mann-Whitney; $Z = 2.24$, $P = 0.03$; Tabla 1). Una vez que abandonaron el nido, los pichones se agruparon en los alrededores de la colonia, en donde, en algunos casos, continuaron siendo alimentados por los adultos, aún varios meses después de haber abandonado el nido.

La proporción de volantones en relación a la cantidad de huevos puestos en cada nido no estuvo relacionada con la fecha de puesta en 2001 (*deviance*: 46.34, $gl = 43$, $n = 45$ nidos, $P = 0.5$). Sin embargo, durante 2002 la fecha de puesta tuvo un efecto sobre la proporción de volantones, disminuyendo ésta con el avance de la temporada (*deviance*: 26.98, $gl = 27$, $n = 29$ nidos, $P = 0.003$).

REPOSICIÓN DE NIDADA

Durante la temporada reproductiva 2001, 13 de las 83 parejas que se reprodujeron (15.7%) repusieron su nidada luego de haber perdido la totalidad de los huevos puestos en primera instancia (8 parejas) o la totalidad de los pichones de la primera nidada (5 parejas). Todas lo hicieron luego de la mediana de la fecha de puesta y cuatro de ellas hasta nueve días después de finalizada la puesta de todos los nidos de la colonia. En la temporada 2002, 11 de las 66 parejas (16.7%) repusieron su nidada. Una lo hizo

luego de perder sus pichones, mientras que el resto comenzó la segunda puesta después de haber perdido su nidada en la etapa de incubación. Durante esta temporada, todas las parejas repusieron dentro del periodo de puesta de la colonia (siete en forma temprana y cuatro luego de la mediana de la fecha de puesta). La proporción de parejas que repusieron su nidada fue similar entre temporadas ($\chi^2_{1,0.05} = 0.03$, $P = 0.86$). Considerando ambas temporadas, el tiempo promedio observado ($\pm$ DE) entre la pérdida del último huevo de la primera nidada y la puesta del primer huevo de la segunda nidada fue de 31.16 ± 12.35 días (rango: 17–62 días, $n = 12$ nidos) y el tiempo entre la pérdida del último pichón de la primera nidada y el primer huevo de la segunda fue de 28.25 ± 5.26 días (rango: 21–35 días, $n = 4$ nidos).

En ambas temporadas, más del 25% de las parejas que fallaron en su primer intento de reproducción repuso su nidada (26% y 28% para la temporada 2001 y 2002, respectivamente). Considerando el total de parejas que perdieron su nidada en la etapa de incubación (19 parejas en 2001 y 26 en 2002), el porcentaje de parejas que repuso fue similar en las dos temporadas (42% y 38% para 2001 y 2002, respectivamente; $\chi^2_{1,0.05} = 0.06$, $P > 0.8$). Del total de parejas que perdieron su nidada en la etapa de cría de pichones (31 parejas en 2001 y 13 en 2002), el porcentaje de parejas que repuso también fue similar entre años (16% y 8% para 2001 y 2002, respectivamente; $\chi^2_{1,0.05} = 0.07$, $P = 0.79$).

El tamaño de nidada de la segunda puesta fue similar al observado en los nidos con una sola puesta en ambas temporadas (Prueba de Mann-Whitney; $Z = -1.33$, $P = 0.18$ para 2001; $Z = -0.78$, $P = 0.4$ para 2002; Tabla 2).

En 2001 la pérdida de huevos en la segunda puesta fue superior a la observada en los nidos con una sola puesta ($\chi^2_{1,0.05} = 4.63, P = 0.013$), mientras que en 2002 fue similar ($\chi^2_{1,0.05} = 0.01, P = 0.92$) (Tabla 2). En la temporada 2001 el éxito de eclosión fue menor en la segunda puesta (Prueba de Mann-Whitney, $Z = -3.44, P < 0.05$). En 2002, en cambio, el éxito de eclosión fue similar en ambas puestas (Prueba de Mann-Whitney, $Z = -0.28, P = 0.77$) (Tabla 2).

La pérdida de pichones de las parejas que realizaron una sola puesta fue similar a la observada en la segunda puesta de las parejas que repusieron solamente durante la temporada 2001 (Tabla 2). La significación estadística de estos resultados no pudo ser puesta a prueba por no cumplirse los supuestos necesarios debido al bajo número de pichones sobrevivientes en las segundas puestas. El número de volantones por nido de las parejas que iniciaron una segunda puesta luego de perder su nidada fue estadísticamente similar al observado en las que realizaron una sola puesta en la temporada 2001 (Prueba de Mann-Whitney, $Z = 1.28, P = 0.19$; Tabla 2). Durante 2002, el número de volantones por nido fue levemente menor para las parejas que repusieron su nidada, aunque no se encontraron diferencias significativas, probablemente debido a la diferencia en el tamaño de ambas muestras (Prueba de Mann-Whitney, $Z = 1.32, P = 0.18$; Tabla 2).

DISCUSIÓN

El Cormorán Cuello Negro en Punta Loma presenta una marcada asincronía de puesta y un alto porcentaje de reposición de la nidada. Si bien la asincronía de puesta es una característica de los cormoranes, para el resto de las especies que se reproducen en la Patagonia argentina se han reportado periodos de puesta menos prolongados que los encontrados en este estudio para el Cormorán Cuello Negro (ver Frere et al. 2005). Cerca del 90% de las parejas reproductivas del Cormorán Imperial (*Phalacrocorax atriceps*) de la Isla Galiano, golfo San Jorge, Chubut, inició su puesta a lo largo de casi cuatro semanas (Punta et al. 2003b), mientras que en Isla Deseada, Santa Cruz, y en Punta León, Chubut, lo hicieron en no más de seis semanas (Arrighi y Navarro 1998, Svagelj y Quintana, datos no publicados). El Cormorán Gris (*Phalacrocorax gaimardi*) en Puerto Deseado, Santa Cruz, prolonga la puesta por cinco semanas

(Frere y Gandini 2001) y el Biguá (*Phalacrocorax olivaceus*) lo hace por seis semanas en el golfo San Jorge (Quintana et al. 2002). En Punta Loma, el Cormorán Cuello Negro presentó el mayor grado de asincronía reportado entre las especies patagónicas (11–16 semanas). A diferencia del Cormorán Cuello Negro, que presenta una dieta casi exclusivamente compuesta por especies bentónicas y dominada por peces como *Patagonotothen* sp., *Riberoclinus eigenmanni* y *Helcogrammoides cuninghami* y poliquetos de la familia Eunicidae (Punta et al. 1993, 2003a, Malacalza et al. 1997, Sapoznikow 2006, Sapoznikow et al. 2009) durante la época reproductiva, el resto de los cormoranes patagónicos incorpora a su dieta tanto recursos bentónicos como pelágicos, siendo estos últimos más efímeros y, por lo tanto, temporalmente más inestables (Frere et al. 2005). Los dos grupos de mayor importancia en la dieta del Cormorán Cuello Negro, tanto en la temporada reproductiva como en la no reproductiva, están constituidos por especies de hábitos netamente bentónicos, lo que presupone menor movilidad o un acentuado sedentarismo. Dichas características apoyan la idea de que es una fuente de alimento relativamente estable y predecible, al menos espacialmente. En cuanto a los peces, aunque no existe información sobre su abundancia estacional o sus ciclos reproductivos en la zona, se sabe que, en líneas generales, la mayoría de los notothenidos son especies sedentarias y que viven varios años, por lo cual están presentes en una misma área durante toda su vida (Hureau 1970). Además, distintos estudios han señalado que, en general, los ensambles de peces del intermareal son altamente persistentes en el tiempo (Grossman 1982, Beckley 1985, Collette 1986). Por su parte, los poliquetos como *Eunice* sp. son especies con ciclos de vida multianuales, por lo que también constituirían una presa siempre presente en la zona. Los hábitos de estas presas las hacen poco accesibles para las aves, ya que mayormente viven ocultas entre algas, enterradas o en cuevas (Sapoznikow 2006, Sapoznikow et al. 2009). Además, poseen un bajo contenido energético en comparación a recursos pelágicos más abundantes como la anchoíta, especie muy importante en la dieta de muchas aves marinas (González Miri 1995). Una baja superposición temporal durante la temporada reproductiva representaría un escenario ventajoso para el Cormorán Cuello Negro si la fuente de alimento es, al menos, temporalmente estable y predecible.

ble, lo que parece caracterizar a las presas consumidas por esta especie en Punta Loma (Sapoznikow 2006, Sapoznikow et al. 2009). Sin embargo, otros factores, que escapan a los objetivos de este estudio, podrían estar afectando el patrón de puesta.

En el estudio de Libenson (1997) en Comodoro Rivadavia, al igual que en este trabajo, se reportaron casos de reposición de la nidada en el Cormorán Cuello Negro. En cambio, no existen trabajos que reporten la existencia de reposición en ninguna de las otras especies de cormoranes patagónicos, las cuales se alimentan principalmente de presas pelágicas, más inestables en espacio y tiempo (Frere et al. 2005). Estudios experimentales sobre reposición en ácidos han mostrado la importancia de la estabilidad y predictibilidad de la fuente de alimento para la capacidad de reponer la nidada de estas aves marinas (Hipfner 2001, Hipfner et al. 2004). Este podría ser el caso del Cormorán Cuello Negro.

Las dos temporadas reproductivas estudiadas presentaron diferencias en algunos de los parámetros reproductivos del Cormorán Cuello Negro. En 2002 la puesta comenzó más tarde, fue más prolongada y, consecuentemente, el periodo de eclosión fue más tardío que en 2001. Por su parte, la supervivencia de huevos y el éxito de eclosión fueron menores durante 2002. Debido a que no existen estudios sostenidos que permitan conocer el rango de estos parámetros para la especie, no es posible analizar si las variaciones observadas son normales o si durante alguno de los dos años existieron características ambientales particulares que generaron los cambios observados.

Se han encontrado evidencias del efecto que tienen los cambios en la disponibilidad de presas (que pueden o no responder en forma directa a cambios climáticos) sobre la reproducción de distintas especies de aves marinas. Harris (1979), Boekelheide y Ainley (1989) y Aebischer y Wanless (1992) estudiaron dichos efectos en poblaciones del Cormorán Sargento, el Cormorán Moñudo y el Cormorán de las Galápagos (*Phalacrocorax harrisi*), encontrando que en años de baja disponibilidad de presas los cormoranes comenzaban la puesta tardíamente y el éxito reproductivo era menor que en años con alimento más abundante. Lamentablemente, durante los dos años de este estudio no se contó con información sobre disponibilidad y abundancia de las presas del Cormorán Cuello Negro en los alrededores de la colonia. Sin embargo,

resultados de estudios sobre la ecología trófica del Cormorán Cuello Negro en Punta Loma, obtenidos durante las mismas temporadas reproductivas a través de técnicas de radiotelemetría, indicaron un mayor esfuerzo de alimentación por parte de los adultos reproductivos durante la temporada 2002 (Sapoznikow 2006). Dicho esfuerzo se manifestó en la realización de viajes diarios de alimentación considerablemente más prolongados, lo que para otras especies de aves marinas buceadoras y para pinnípedos ha sido descrito como un indicador de baja disponibilidad de presas (Costa et al. 1989, Feldkamp et al. 1989, Monaghan et al. 1994, Wanless et al. 1998). Dado que el comportamiento de alimentación y buceo constituye un buen indicador de cambios en el ambiente marino (Monaghan 1996), es probable que algún tipo de condición desfavorable en el ambiente haya causado el retraso y el menor éxito de eclosión y supervivencia de huevos durante la temporada reproductiva 2002 en la colonia de Punta Loma.

A pesar de la marcada asincronía observada en la puesta, durante la temporada 2001 el éxito de volantones de las parejas no estuvo relacionado con la fecha de puesta, sugiriendo una cierta estabilidad de las condiciones ambientales y la fuente de alimento durante el periodo reproductivo. Sin embargo, durante la temporada 2002 se observó una disminución significativa del número de pichones independizados hacia el final del período reproductivo. Como se sugirió anteriormente, durante el año 2002 algún tipo de condición ambiental desfavorable, relacionada tanto con la abundancia o disponibilidad de presas como con otros factores (e.g., parásitos o enfermedades), pudo haber afectado excepcionalmente a la reproducción del Cormorán Cuello Negro en Punta Loma causando este patrón.

En ambas temporadas, el éxito de volantones de las parejas que repusieron su nidada fue similar al de las parejas que tuvieron una sola puesta. Incluso otros parámetros reproductivos, tales como el tamaño de nidada o la pérdida de pichones, fueron también similares. Estos resultados podrían ser indicadores de la estabilidad de la fuente de alimento en un año determinado en los alrededores de Punta Loma. La importancia de la estabilidad y predictibilidad de la fuente de alimento para la capacidad de reponer y criar con éxito la nidada fue estudiada en otras aves marinas buceadoras (Hipfner 2001, Hipfner et

al. 2004). Por ejemplo, el éxito reproductivo de la segunda puesta del Mergulo Sombrío (*Ptychoramphus aleuticus*) que se reproduce en Isla Triángulo (Columbia Británica, EEUU) fue similar al de la primera puesta solo en aquellos años en los cuales la disponibilidad de alimento resultó estable durante toda la temporada (Hipfner et al. 2004). Es posible que la situación en Punta Loma sea similar y que en los años en que el alimento es estable no se observe una reducción del éxito reproductivo a lo largo de la temporada, mientras que en años malos, como 2002, las segundas puestas no sean exitosas. Sin embargo, además de las características de las fuentes de alimento, la vulnerabilidad de los nidos parece ser otro factor de importancia. Especies que nidifican en sitios más vulnerables (donde sus huevos están expuestos a caídas o predación) invertirían más en una segunda puesta que especies que nidifican en sitios más seguros (Hipfner et al. 2001). Incluso podría haber beneficios indirectos si la reposición actúa como una señal de la calidad de la hembra hacia su pareja, ya que las hembras que reponen tendrían una mayor probabilidad de permanecer en el mismo nido y con la misma pareja en futuras temporadas reproductivas (Hipfner et al. 1999). Experiencias realizadas en colonias del Ártico destacan también la importancia de la combinación entre la calidad parental y la fecha de puesta como determinantes del éxito reproductivo de las primeras y segundas puestas (Hipfner 1997). La evaluación de estos factores estuvo fuera de los alcances de este trabajo.

En síntesis, los resultados de este estudio indican que el Cormorán Cuello Negro en Punta Loma presenta una marcada asincronía en la puesta, un alto porcentaje de reposición de nidada, un éxito de volantones similar entre las parejas que reponen y las que no y una independencia entre el éxito reproductivo de las parejas y la fecha de puesta (al menos en algunas temporadas). Aunque existen distintas explicaciones para este patrón, no relacionadas con las características de la fuente de alimento, estas observaciones, sumadas al hecho de que el Cormorán Cuello Negro permanece todo el año en la colonia (Sapoznikow y Quintana 2005), presenta una alta fidelidad al sitio de nidificación (Sapoznikow y Quintana 2008), se alimenta básicamente de las mismas especies (Sapoznikow et al. 2009), utiliza las mismas áreas de alimentación e invierte el mismo esfuerzo de alimentación durante la época reproductiva y

no reproductiva (Sapoznikow 2006), constituyen una evidencia de la existencia y utilización de fuentes de alimento relativamente estables, aunque de baja disponibilidad, accesibilidad o contenido energético. Éste podría ser uno de los factores determinantes del patrón de distribución y abundancia de la especie, caracterizado por la existencia de numerosas colonias de tamaño reducido y una población total aproximada de solo 7000 parejas (Yorio et al. 1998, Frere et al. 2005) a lo largo de toda la costa patagónica de Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Wildlife Conservation Society, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica por haber financiado este proyecto. A. Sapoznikow recibió una beca doctoral del CONICET para realizar este estudio. Estamos en deuda con E. Berrier, F. Márquez, Y. Idaszkin, R. Palacio, V. Osorio, S. Copello, S. Doldán, P. Blua, A. Gatto, M. Torres, S. Finochiaro, V. Peretti, P. Demarchi, N. Lisnizer, M. De Amo, M. A. Díaz, J. Rua, R. Vera y Ecocentro Puerto Madryn por su invaluable ayuda durante el trabajo de campo. Agradecemos especialmente la hospitalidad de los guardafaunas de la Reserva Provincial Punta Loma. El Organismo Provincial de Turismo y la Dirección Provincial de Fauna Silvestre de Chubut otorgaron los permisos necesarios para trabajar en la Reserva Provincial Punta Loma y el Centro Nacional Patagónico brindó el apoyo institucional para la realización de esta investigación. El Dr. Esteban Frere realizó aportes significativos a la versión preliminar de este manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AEBISCHER NJ Y WANLESS S (1992) Relationship between colony size, adult non breeding and environmental conditions for Shags *Phalacrocorax aristotelis* on the Isle of May, Scotland. *Bird Study* 39:43–52
- ARNOLD TW (1993) Factors affecting reneesting in American coots. *Condor* 95:273–281
- ARRIGHI AC Y NAVARRO JL (1998) Ecología reproductiva del Cormorán Imperial (*Phalacrocorax atriceps*) en Isla Deseada (Santa Cruz, Argentina). *Hornero* 15:64–67
- BECKLEY LE (1985) Tide-pools fishes: recolonization after experimental elimination. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 85:287–295
- BOEKELHEIDE RJ Y AINLEY DG (1989) Age, resource availability and breeding effort in Brandt's Cormorant. *Auk* 106:389–401

- BOERSMA PD Y RYDER JP (1983) Reproductive performance and body condition of earlier and later nesting Ring-billed gulls. *Journal of Field Ornithology* 54:374–380
- BROWN KM Y MORRIS RD (1996) From tragedy to triumph: renesting in Ring-billed gulls. *Auk* 113:23–21
- COLLETTE BB (1986) Resilience of the fish assemblage in New England tide pools. *Fishery Bulletin* 84:200–204
- COSTA D, CROXALL JO Y DUCK CD (1989) Foraging energetics of Antarctic fur seals in relation to changes in prey availability. *Ecology* 70:596–606
- EMLEN S Y DEMONG N (1975) Adaptive significance of synchronized breeding in a colonial bird: a new hypothesis. *Science* 188:1029–1031
- FELDKAMP SD, DELONG RL Y ANTONELIS GA (1989) Diving patterns of California sea lions, *Zalophus californianus*. *Canadian Journal of Zoology* 67:872–883
- FRERE E Y GANDINI PA (2001) Aspects of the breeding biology of the Red-Legged Cormorant *Phalacrocorax gaimardi* on the Atlantic coast of South America. *Marine Ornithology* 29:67–70
- FRERE E, QUINTANA F Y GANDINI P (2005) Cormoranes de la costa patagónica: estado poblacional, ecología y conservación. *Hornero* 20:35–52
- GOCHFELD M (1980) Mechanisms and adaptive value of reproductive synchrony in colonial seabirds. Pp. 207–270 en: BURGUER J, OLLA BL Y WINN HE (eds) *Behavior of marine animals. Volume 4. Marine birds*. Plenum Press, Nueva York
- GONZÁLEZ MIRI LJ (1995) *Calidad de la dieta del Cormorán Real (Phalacrocorax albiventer) durante el ciclo reproductivo en la colonia de Punta León*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Puerto Madryn
- GRAU CR (1996) Nutritional needs for egg formation in the shag *Phalacrocorax aristotelis*. *Ibis* 138:756–764
- GROSSMAN GD (1982) Dynamics and organization of a rocky intertidal fish assemblage: the persistence and resilience of taxocene structure. *American Naturalist* 119:611–637
- HARRIS MP (1979) Population dynamics of the Flightless cormorant, *Nannopterum harrisi*. *Ibis* 121:135–146
- HIPFNER JM (1997) The effects of parental quality and timing of breeding on the growth of nestling Thick-billed Murres. *Condor* 99:353–360
- HIPFNER JM (2001) Fitness-related consequences of relaying in an Arctic seabird: survival of offspring to recruitment age. *Auk* 118:1076–1080
- HIPFNER JM, CHARLETON K Y DAVIES WE (2004) Rates and consequences of relaying in Cassin's auklets *Ptychoramphus aleuticus* and Rhinoceros auklets *Cerorhinca monocerata* breeding in a seasonal environment. *Journal of Avian Biology* 35:224–236
- HIPFNER JM, GASTON AJ, MARTIN DL Y JONES IL (1999) Seasonal declines in replacement egg-layings in a long-lived Arctic seabird: costs of late breeding or variation in female quality? *Journal of Animal Ecology* 68:988–998
- HIPFNER JM, GASTON AJ Y STOREY AE (2001) Nest-site safety predicts the relative investment made in first and replacement eggs by two long-lived seabirds. *Oecologia* 129:234–242
- HUREAU JC (1970) Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bulletin de l'Institut Océanographique* 68:1–244
- INSTITUTE FOR STATISTICS AND MATHEMATICS (2009) *The R Project for statistical computing*. Institute for Statistics and Mathematics, WU Wirtschaftsuniversität Wien, Viena (URL: <http://www.r-project.org>)
- JOHNSGARD PA (1993) *Cormorants, darters and pelicans of the world*. Smithsonian Institution Press, Washington DC
- LACK D (1967) Interrelationships in breeding adaptations as shown by marine birds. Pp 3–42 en: SNOW DW (ed) *Proceedings of the XIV International Ornithological Congress*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- LIBENSON L (1997) Aspectos de la biología reproductiva de *Phalacrocorax magellanicus* y *P. albiventer* en el puerto de Comodoro Rivadavia (Chubut: Argentina). *Neotrópica* 43:73–77
- MALACALZA VE (1995) Aportes al conocimiento de la biología reproductiva de *Phalacrocorax magellanicus* (Aves: Phalacrocoracidae). *Neotrópica* 41:27–30
- MALACALZA VE, BERTELLOTTI NM Y PORETTI TI (1997) Variación estacional de la dieta de *Phalacrocorax magellanicus* en Punta Loma (Chubut, Argentina). *Neotrópica* 43:35–37
- MARTIN TE (1987) Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18:453–487
- MASSEY BW Y FANCHER JM (1989) Renesting by California Least Terns. *Journal of Field Ornithology* 60:350–357
- MCCULLAGH P Y NELDER JA (1989) *Generalized linear models*. Chapman and Hall, Londres
- MILONOFF M (1989) Can nest predation limit clutch size in precocial birds? *Oikos* 55:424–427
- MONAGHAN P (1996) Relevance of the behavior of the seabirds to the conservation of marine environments. *Oikos* 77:227–237
- MONAGHAN P, WALTON P, WANLESS S, UTTLEY JD Y BURNS MD (1994) Effects of prey abundance on the foraging behaviour, diving efficiency and time allocation of the breeding guillemots *Uria aalga*. *Ibis* 136:214–222
- MORENO J (1998) The determination of seasonal declines in breeding success in seabirds. *Etología* 6:17–31
- MORENO J, BARBOSA A, POTTI J Y MERINO S (1997) The effects of hatching date and parental quality on chick growth and creching age in the Chinstrap Penguin (*Pygoscelis antarctica*): a field experiment. *Auk* 114:47–54
- NILSSON JA (1994) Energetic bottle-necks during breeding and the reproductive cost of being too early. *Journal of Animal Ecology* 63:200–208

- NISBET ICT Y WELTON MJ (1984) Seasonal variation in breeding success of Common Tern: consequences of predation. *Condor* 86:53–60
- OLLASON JC Y DUNNET GM (1988) Variation in breeding success in fulmars. Pp. 263–278 en: CLUTTON-BROCK TH (ed) *Reproductive success*. Chicago University Press, Chicago
- PARSONS J (1975) Seasonal variation in the breeding success of the Herring Gull: an experimental approach to pre-fledging success. *Journal of Animal Ecology* 44:553–573
- PERRINS CM (1970) The timing of birds' breeding seasons. *Ibis* 112:242–255
- PIEROTTI R Y BELLROSE CA (1986) Proximate and ultimate causation of egg size and the "third-chick disadvantage" in the Western Gull. *Auk* 103:401–407
- PUNTA G Y SARAVIA J (1993) Distribución, abundancia y aspectos de la biología reproductiva del Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*) en la provincia del Chubut, Argentina. *Hornero* 13:295–298
- PUNTA GE, SARAVIA JRC Y YORIO PM (1993) The diet and foraging behavior of two Patagonian cormorants. *Marine Ornithology* 21:27–36
- PUNTA G, YORIO P Y HERRERA G (2003a) Temporal patterns in the diet and food partitioning in Imperial Cormorants (*Phalacrocorax atriceps*) and Rock Shags (*P. magellanicus*) breeding at Bahía Bustamante, Argentina. *Wilson Bulletin* 115:307–315
- PUNTA G, YORIO P, HERRERA G Y SARAVIA J (2003b) Biología reproductiva de los cormoranes Imperial (*Phalacrocorax atriceps*) y Cuello Negro (*P. magellanicus*) en el golfo San Jorge, Chubut, Argentina. *Hornero* 18:103–111
- PUNTA G, YORIO P, SARAVIA J Y GARCÍA BORBOROGLU P (2003c) Breeding habitat requirements of the Imperial Cormorant and Rock Shag in central Patagonia, Argentina. *Waterbirds* 26:176–183
- QUINTANA, F, YORIO P Y GARCÍA BORBOROGLU P (2002) Aspects of the breeding biology of the Neotropic Cormorant *Phalacrocorax olivaceus* at Golfo San Jorge, Argentina. *Marine Ornithology* 30:25–29
- SAPOZNIKOW A (2006) *Ecología reproductiva y trófica del Cormorán Cuello Negro (Phalacrocorax magellanicus) en relación a las características de su fuente de alimento*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires
- SAPOZNIKOW A Y QUINTANA F (2005) Patrón de presencia en la colonia del Cormorán Cuello Negro (*Phalacrocorax magellanicus*): ¿una evidencia del uso de fuentes de alimento predecibles y de baja estacionalidad? *Ornitología Neotropical* 17:95–103
- SAPOZNIKOW A Y QUINTANA F (2008) Colony and nest site fidelity of the Rock Shag (*Phalacrocorax magellanicus*). *Journal of Ornithology* 149:639–642
- SAPOZNIKOW A, QUINTANA F Y KUBA L (2009) Low seasonal variability in the diet of Rock Shags at a Patagonian colony of Argentina. *Emu* 109:1–5
- SCHREIBER EA (2002) Climate and weather effects on seabirds. Pp. 179–215 en: SCHREIBER EA Y BURGER J (eds) *Biology of marine birds*. CRC Press, Boca Ratón
- STOREY AE (1987) Adaptations for marsh nesting in Common and Forster's Terns. *Canadian Journal of Zoology* 65:1417–1420
- SVENSSON E (1997) Natural selection on avian breeding time: casuality, fecundity-dependent and fecundity-independent selection. *Evolution* 51:1276–1283
- VAN TETS GF (1965) A comparative study of some social communication patterns in the Pelecaniformes. *Ornithological Monographs* 2:1–88
- WANLESS S, GREMILLET D Y HARRIS MP (1998) Foraging activity and performance of Shags *Phalacrocorax aristotelis* in relation to environmental characteristics. *Journal of Avian Biology* 29:49–54
- WANLESS S Y HARRIS MP (1988) The importance of relative laying date on breeding success of the Guillemot *Uria aalga*. *Ornis Scandinavica* 19:205–211
- WHITE SC, ROBERTSON WB Y RICKLEFS RE (1976) The effect of hurricane Agnes on growth and survival of tern chicks in Florida. *Bird-Banding* 47:54–71
- YORIO P, FRERE E, GANDINI P Y HARRIS G (1998) *Atlas de la distribución reproductiva de aves marinas en el litoral patagónico argentino*. Fundación Patagonia Natural y Wildlife Conservation Society, Buenos Aires

UNA TÉCNICA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD Y EL MONITOREO DE POBLACIONES DE INAMBÚ COMÚN (*NOTHURA MACULOSA*) EN AMBIENTES DE PASTIZAL

RAMIRO D. CREGO^{1,2} E IVANA N. MACRI¹

¹ Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.
Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² ramirocrego@hotmail.com

RESUMEN.— En este trabajo se propone una técnica para estimar la densidad del Inambú Común (*Nothura maculosa*) y evaluar cuantitativamente sus tendencias poblacionales en ambientes de pastizal. Se estimó la densidad del Inambú Común en la sierras de Tandil, provincia de Buenos Aires, mediante dos técnicas: transectas de ancho variable y transectas de ancho fijo. Para este último caso, se evaluó el supuesto de que la probabilidad de detección dentro del ancho de la transecta es igual a 1. Las estimaciones de densidad obtenidas con ambas técnicas fueron similares (1.20 ind/ha para transectas de ancho variable y 1.16 ind/ha para transectas de ancho fijo). No se encontraron diferencias significativas en la frecuencia promedio de detecciones a distintas distancias de la línea de marcha dentro del ancho de faja. Se concluye que la utilización de transectas de ancho fijo es confiable y eficiente para evaluar, con un mínimo costo, las tendencias poblacionales del Inambú Común en áreas de pastizal y campos de cultivo. La densidad estimada se encuentra entre las más altas reportadas para la provincia, sugiriendo que las sierras de Tandil podrían estar actuando como un refugio para la especie.

PALABRAS CLAVE: conservación, densidad, Inambú Común, monitoreo, *Nothura maculosa*.

ABSTRACT. A TECHNIQUE TO ESTIMATE DENSITY AND MONITOR POPULATIONS OF THE SPOTTED NOTHURA (*NOTHURA MACULOSA*) IN GRASSLANDS HABITATS.— In this paper we present a technique to estimate densities and quantitatively evaluate population trends of Spotted Nothura (*Nothura maculosa*) in grasslands habitats. We evaluated Spotted Nothura density in the hills of Tandil, Buenos Aires Province, using two techniques: line transects with variable width and strip transects. For the latter, we also evaluated the assumption that the probability of detecting an individual within the strip was 1. Density values obtained with both techniques were similar (1.20 ind/ha for variable width transects, and 1.16 ind/ha for strip transects). We did not find significant differences among frequencies of individuals detected at different distances within the strip. We conclude that strip transects constitute a robust and efficient technique to evaluate, with a minimum cost, population trends of Spotted Nothura in grasslands and agricultural habitats. Our density estimates are among the highest reported for Buenos Aires Province, suggesting that the hills of Tandil could represent a refuge for this species.

KEY WORDS: conservation, density, monitoring, *Nothura maculosa*, Spotted Nothura.

Recibido 5 diciembre 2008, aceptado 12 agosto 2009

El Inambú Común (*Nothura maculosa*) se distribuye en Brasil, Bolivia, Uruguay, Paraguay y la región centro, norte y este de Argentina (del Hoyo et al. 1992, Narosky y Yzurieta 2003). Habita principalmente pastizales naturales o pasturas implantadas con una cobertura variable y cuya vegetación no supera los 50 cm de alto (Bump y Bump 1969). Es un ave caminadora de costumbres solitarias, que raramente puede hallarse en parejas (Hudson 1928).

Desde tiempos históricos los tinámidos han sido cazados intensamente en América Latina. Por ejemplo, en Argentina, unos cinco millones de tinámidos habrían sido cosechados solo durante 1961 (Godoy 1963). Particularmente, el Inambú Común sufre una fuerte presión de la caza, tanto legal como ilegal (Narosky y Canevari 2004). En los pastizales del sur de Brasil es considerada un ave de caza tradicional (Menegheti et al. 1981). Si bien un estudio sugiere que

esta especie puede tolerar la presión de caza controlada (Menegheti 1985c), en ambos países también se ve afectada por la conversión de las tierras para uso agrícola y el uso indiscriminado de agroquímicos. Estas actividades han resultado en una marcada regresión en la abundancia y distribución de un conjunto de especies de aves de pastizal (Fraga et al. 1998, Pinheiro y Lopez 1999, Mosa 2004, Di Giacomo y Krapovickas 2005). Los datos existentes sobre la abundancia de esta especie en Argentina son escasos y en gran parte antiguos (Bump y Bump 1969, Parisi 1994, Bernardos 2002). Esta falta de información ha resultado en un insuficiente desarrollo de planes de monitoreo que permitan evaluar las tendencias poblacionales del Inambú Común.

Distintas técnicas han sido utilizadas para estimar la abundancia de esta especie. En Brasil se han utilizado encuestas realizadas a cazadores elegidos al azar, estimándose la abundancia en función del rendimiento por unidad de esfuerzo (número de animales capturados en una hora de actividad; Menegheti et al. 1981, Menegheti 1985c), un índice estimado en base a las perdices que levantan vuelo por unidad de tiempo de actividad de un perro de caza (Menegheti 1985a, 1985b) y transectas en las que se calcula un índice de abundancia (individuos detectados por km recorrido; Pinheiro y Lopez 1999). En Argentina se han usado transectas de ancho variable recorridas a pie (Parisi 1994, Bernardos 2002), a caballo (Bernardos 2002) y con perros de caza (Bernardos 2002). También se utiliza una variación de la técnica de transecta de ancho fijo que consiste en arrastrar sogas de longitud conocida (ancho de la transecta) y contabilizar los individuos espantados.

Conocer la abundancia y las tendencias poblacionales de estas aves de gran importancia cinegética es fundamental para su manejo y conservación. Para ello es deseable desarrollar planes de monitoreo basados en indicadores válidos, fiables y eficaces; es decir, indicadores cuyos resultados sean confiables y sensibles a los cambios poblacionales, a la vez que sean económicos y de fácil implementación por parte de las autoridades de aplicación. En este trabajo proponemos una técnica para estimar la densidad y evaluar cuantitativamente las tendencias poblacionales del Inambú Común en ambientes de pastizal. Asimismo, presentamos la primera información disponible sobre densidades de Inambú Común en las sierras de Tandil.

MÉTODOS

El muestreo se llevó a cabo durante agosto de 2006 en las sierras de la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires (37°21'S, 59°06'O). Estas sierras se encuentran en la subregión Pampa Austral y pertenecen a un área valiosa de pastizal, las cerrilladas —llanura periserrana del sistema de Tandilia— donde la vegetación está caracterizada por pajonales dominados por *Paspalum quadrifarium* y flechillares dominados por numerosas especies de los géneros *Stipa* y *Piptochaetium* (Bilenca y Miñarro 2004).

Para evaluar la densidad del Inambú Común se instalaron 18 transectas de 600 m de longitud. Las mismas se localizaron en el terreno utilizando la herramienta de diseño del programa Distance, versión 5.0 Beta 5 (Thomas et al. 2006). En base a una primera línea continua dispuesta al azar, se situó el resto de modo paralelo, separadas 400 m entre sí. A continuación, se definieron las transectas subdividiendo cada línea mediante la selección de puntos de inicio elegidos al azar.

Los muestreos se llevaron a cabo en la época no reproductiva, evitando la presencia de juveniles sin capacidad de vuelo. Se realizaron entre las 10:00–18:00 h, momento a partir del cual la falta de luz dificultaba la correcta visualización de los individuos. Las transectas fueron recorridas por cuatro personas, dos en el centro y dos en los extremos, llevando cada pareja una soga de 16 m de longitud, cubriendo un total de 32 m de ancho (16 m a cada lado del centro de la transecta). Las sogas se arrastraron sobre el suelo con el fin de ahuyentar a los individuos. Se midió la distancia perpendicular desde la posición donde levantaba vuelo cada uno de los individuos registrados hasta la línea de transecta, usando una soga delgada marcada cada 50 cm. La distancia recorrida y la dirección de cada transecta se controlaron mediante la utilización de un geoposicionador satelital.

Los datos obtenidos fueron analizados de dos maneras distintas. En primer lugar, se utilizó el programa Distance, suponiendo transectas de ancho variable (Buckland et al. 2001). Evaluamos las funciones uniforme, semi-normal y de tasa de riesgo, con ajustes polinomiales y en base a cosenos, a fin de ajustar las funciones de detección. Para la elección del mejor modelo de ajuste de la función de detección se usó el Criterio de Información de Akaike. La varianza se calculó de forma empírica. En segundo lugar, se anali-

zaron los datos como transectas de ancho fijo, suponiendo un ancho de faja de 32 m. Se estimó la densidad por transecta como $D = n / w L$, donde n representa el número de detecciones, w el ancho de la transecta y L la distancia de la transecta recorrida. Los datos no presentaron una distribución normal, por lo cual se estimaron la densidad promedio y sus respectivos intervalos de confianza (95%) mediante la técnica de muestreo con reemplazo (*bootstrapping*; Sutherland 1996) usando 1000 repeticiones. La técnica de transecta de ancho fijo supone que dentro del área observada todos los individuos son detectados. Se puso a prueba este supuesto dividiendo el ancho de faja de cada transecta en ocho secciones de 4 m, resultando en cuatro intervalos: 0–4, 4–8, 8–12 y 12–16 m. Suponiendo dentro del primer intervalo una probabilidad de detección de 1, se evaluó si ésta disminuyó significativamente en los restantes intervalos mediante un Prueba de ANOVA de un Factor usando el programa EcoSim (Gotelli y Entsminger 2004). Este programa repite una serie de muestreos con reemplazo (en este análisis se usaron 1000 repeticiones) utilizando los datos de todas las categorías del factor (en este caso cuatro categorías) para finalmente determinar cuánta variación es esperada entre los promedios de las distintas categorías. Luego, F es calculado como en una prueba convencional pero la significación no se determina con respecto a un valor teórico de tabla sino directamente a través de la simulación. A diferencia de otros análisis convencionales, esta prueba no requiere una distribución normal con varianzas homogéneas y es menos sensible a tamaños de muestra pequeños.

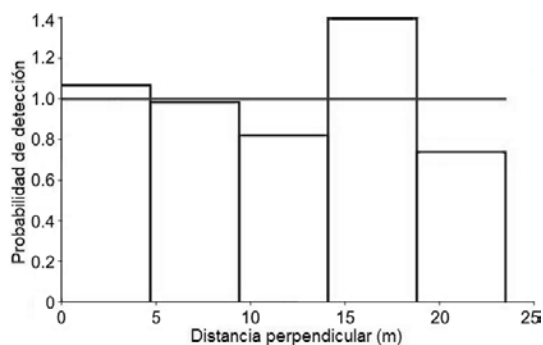


Figura 1. Probabilidad de detección de individuos de Inambú Común (*Nothura maculosa*) en función de la distancia perpendicular a la transecta, troncada a 23.5 m y ajustada al modelo uniforme.

Tabla 1. Densidad del Inambú Común (*Nothura maculosa*) en individuos/ha, su intervalo de confianza (al 95%) y el Coeficiente de Variación (%), estimados utilizando distintos modelos suponiendo transectas de ancho variable. El Criterio de Información de Akaike (AIC) fue utilizado para elegir el mejor modelo.

Modelo	Densidad	IC	CV	AIC
Uniforme				
Coseno	1.20	0.86–1.67	15.8	385.15
Polinomio	1.20	0.86–1.67	15.8	385.15
Tasa de riesgo				
Coseno	1.29	0.91–1.81	16.5	386.11
Semi-normal				
Polinomio	1.26	0.81–1.94	21.7	387.04
Coseno	1.26	0.81–1.94	21.7	387.04

RESULTADOS

En las 18 transectas se recorrió un total de 10.8 km y se detectaron en total 62 individuos de Inambú Común. En el análisis que supone transectas de ancho variable, los datos fueron truncados a 23.5 m, eliminando una detección muy alejada que aportaba muy poca información y dificultaba el modelado de la función de detección (Buckland et al. 2001). Sobre la base de los valores del Criterio de Información de Akaike, el modelo de función uniforme (Fig. 1) fue el que mejor ajustó a los datos. La densidad de Inambú Común estimada fue de 1.20 ind/ha, con un coeficiente de variación de 15.8% (Tabla 1).

Para el análisis que supone transectas de ancho fijo se detectaron 40 individuos dentro de los

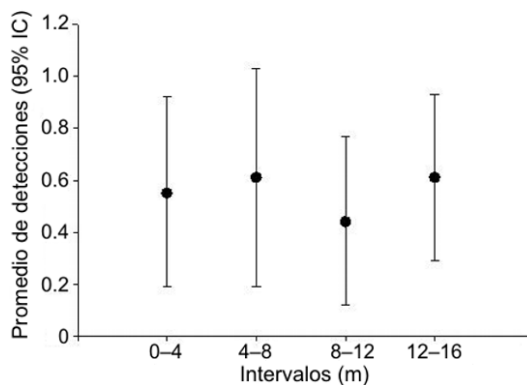


Figura 2. Valores promedio (y su intervalo de confianza al 95%) de detecciones por transecta de Inambú Común (*Nothura maculosa*) para cada uno de cuatro intervalos de 4 m dentro del ancho de faja de la transecta.

32 m de ancho de transecta. La densidad estimada fue de 1.16 ind/ha (Tabla 2) con un coeficiente de variación de 64%. No se observaron diferencias significativas en la frecuencia promedio de detecciones entre los cuatro intervalos de ancho de faja ($F_{\text{observado}} = 0.18$, $F_{\text{simulado}} = 0.99$, varianza $F_{\text{simulado}} = 0.78$, tamaño del efecto estandarizado: -0.92 , $p_{[\text{observado} \geq \text{esperado}]} = 0.93$, $p_{[\text{observado} \leq \text{esperado}]} = 0.12$; Fig. 2). Esto demuestra que no se habría violado el supuesto de que la detectabilidad dentro del ancho de faja establecido es igual a 1, siendo factible este tipo de análisis.

DISCUSIÓN

En este estudio no se encontraron diferencias significativas en las estimaciones de densidad de Inambú Común realizadas con las distintas técnicas de muestreo y análisis. Los resultados sugieren que el peculiar comportamiento de escape del Inambú Común (permanecer inmóvil entre la vegetación para finalmente escapar en un vuelo corto, ruidoso y parabólico; Narosky y Canevari 2004) permite la detección de la totalidad de los individuos en el área cubierta por la transecta. Sin embargo, los resultados obtenidos suponiendo una transecta de ancho fijo presentaron un elevado coeficiente de variación (64%) y una relativamente baja precisión en la estimación. Este problema podría ser resuelto aumentando la longitud de las transectas, lo cual disminuiría la variabilidad de los datos, resultando en un coeficiente de variación aceptable. La técnica de transecta de ancho fijo usando sogas para contabilizar los individuos espantados resulta eficiente y económica, tanto para implementar un monitoreo como para estimar las densidades que permitan fijar los cotos de caza del Inambú Común en ambientes de pastizal y campos de cultivo.

El monitoreo de los recursos biológicos es un componente clave para su conservación y es imprescindible que los esfuerzos implementados sean eficientes (Nichols y Williams 2006). En el caso del Inambú Común, se han propuesto varias técnicas para estimar su abundancia relativa (Menegheti et al. 1981, Menegheti 1985a, 1985b, 1985c, Pinheiro y Lopez 1999) y absoluta (Parisi 1994, Bernardos 2002) y evaluar sus tendencias poblacionales. La técnica basada en encuestas a cazadores (Menegheti et al. 1981, Menhegeti 1985c) es sencilla, pero no contempla la conducta evasiva que pudieran tener los

Tabla 2. Densidad estimada (ind/ha) e intervalos de confianza (al 95%) de Inambú Común (*Nothura maculosa*) en diferentes localidades de la provincia de Buenos Aires.

Localidad	Densidad	IC	Fuente ^a
Tandil	1.16	0.84-1.53	E
Tres Arroyos	0.36	0.22-0.50	P
Verónica	1.30	0.84-1.76	P
Las Flores	0.43	0.26-0.60	P
Chascomús	1.60	1.16-2.04	P
Chascomús	0.43	-	D
Gral. Belgrano	0.33	-	D
Villarino	0.20	-	D
Tornquist	0.17	-	D
Saavedra	0.16	-	D
Guaminí	0.16	-	D
Brandsen	0.70	-	D
Oliden	0.30	-	D
Lobería	0.15	-	D
Tandil	0.43	-	D
Azul	0.43	-	D
Balcarce	0.15	-	D
Necochea	0.20	-	D

^a E: este estudio, P: Parisi (1994), D: Dirección de Uso de los Recursos Naturales de la provincia de Buenos Aires (datos no publicados).

cazadores en sus respuestas. Parisi (1994) pone en evidencia en sus resultados un desplazamiento lateral en las detecciones, no cumpliéndose uno de los supuestos de la técnica y resultando en estimaciones no confiables. Con las técnicas de abundancia relativa propuestas por Menhegeti (1985a, 1985b) y Pinheiro y Lopez (1999) sería factible diseñar un plan de monitoreo, pero para estimar los cotos de caza se considera más relevante, a igual o menor esfuerzo de muestreo, obtener densidades absolutas. La transecta de ancho variable recorrida usando perros de caza (Bernardos 2002) resulta una técnica robusta y arroja resultados cuantitativos confiables. Sin embargo, la técnica aquí propuesta es más económica y más fácil de implementar, debido a que no se requiere de un perro entrenado ni de medir las distancias perpendiculares a la línea de marcha, e incluso puede realizarse con solo tres personas. Sumado a esto, la sencillez en el análisis de los datos la hace todavía más apropiada.

Si bien las técnicas de muestreo y análisis implementadas son distintas, al comparar los resultados obtenidos para el área de estudio con

los de otros trabajos similares se encuentra que la densidad de Inambú Común estuvo entre las más altas reportadas para la provincia de Buenos Aires (Tabla 2). Esto puede deberse a la ausencia de actividad agrícola y a la baja presión de caza que existe en las sierras de Tandil. Se debería analizar con más detalle la posibilidad de que las sierras actúen como refugio para esta y otras especies. De ser así, habría que generar un área protegida que asegure la conservación de estas áreas valiosas de pastizal pampeano.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Igor Berkunsky por sus innumerables aportes al trabajo. A Mariana Antonietta, Carolina Baldini, Cecilia González, Mariel Ruiz Blanco, Amalia Cereceto y a la familia Crego por su colaboración en los trabajos de campo. Y especialmente a Emiliano Donadio por las correcciones y aportes al manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BERNARDOS J (2002) *Evaluación de métodos para el censo de la perdiz común (Nothura maculosa) en la provincia de La Pampa*. Tesis de Magíster, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba
- BILENCA D Y MIÑARO F (2004) *Identificación de áreas valiosas de pastizal en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil (AVPs)*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires
- BUCKLAND ST, ANDERSON DR, LAAKE JL, BORCHERS DL Y THOMAS L (2001) *Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford
- BUMP G Y BUMP J (1969) *A study of the spotted tinamous and the pale spotted tinamous of Argentina*. US Fish and Wildlife Service Special Scientific Report - Wildlife 120, Washington DC
- DI GIACOMO AS Y KRAPOVICKAS S (2005) Conserving the grassland important bird areas (IBAs) of Southern South America: Argentina, Uruguay, Paraguay, and Brazil. Pp. 1243–1249 in: RALPH CJ Y RICH TD (eds) *Bird conservation implementation and integration in the Americas: proceedings of the Third International Partners in Flight Conference*. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-191, Albany
- FRAGA RM, CASANAS H Y PUGNALI G (1998) Natural history and conservation of the endangered Saffron-cowled Blackbird *Xanthopsar flavus* in Argentina. *Bird Conservation International* 8:255–267
- GODOY J (1963) *Fauna silvestre*. Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires
- GOTELLI NJ Y ENTSMINGER GL (2004) *EcoSim: Null models software for ecology. Version 7*. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear, Jericho
- DEL HOYO J, ELLIOTT A Y SARGATAL J (1992) *Handbook of the birds of the world. Volume 1. Ostrich to ducks*. Lynx Editions, Barcelona
- HUDSON WH (1928) Las perdices de la Argentina. *Hornero* 4:174–183
- MENEGHETI JO (1985a) Características do recrutamento em *Nothura maculosa* (Temminck, 1815) (Aves, Tinamidae). *Iheringia* 1:5–15
- MENEGHETI JO (1985b) Densidade de *Nothura maculosa* Temminck, 1815 (Aves, Tinamidae): variação anual. *Iheringia* 1:55–69
- MENEGHETI JO (1985c) Características do caça e seus efeitos sobre a população de *Nothura maculosa* Temminck, 1815 (Aves, Tinamidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia* 1:87–100
- MENEGHETI JO, SILVA F, VIEIRA MI, BRETSCHNEIDER D Y BURGER MARQUES MI (1981) Spatial and temporal variations of *Nothura maculosa* (Temminck, 1815) from hunting data 1977, in Rio Grande do Sul State, Brasil. *Iheringia* 58:23–30
- MOSA SG (2004) Impact of agriculture and grazing on Pale-spotted (*Nothura darwini*) and Andean (*Nothoprocta pentlandii*) tinamous in the Lerma valley, Salta Province, Argentina. *Ornitología Neotropical* 15 (Suppl):309–315
- NAROSKY T Y CANEVARI P (2004) *100 aves argentinas*. Editorial Albatros, Buenos Aires
- NAROSKY T E YZURIETA D (2003) *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. Edición de oro. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires
- NICHOLS JD Y WILLIAMS BK (2006) Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 21:668–673
- PARISI R (1994) Estimación de la densidad de la perdiz común (*Nothura maculosa*) utilizando línea transecta. *Fauna y Flora Silvestre* 1:15–21
- PINHEIRO RT Y LOPEZ G (1999) Abundancia del tinamú manchado (*Nothura maculosa*) y del tinamú alirrojo (*Rhynchotus rufescens*) en un área cinegética del Río Grande Do Sul (Brasil). *Ornitología Neotropical* 10:35–41
- SUTHERLAND WJ (1996) *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge University Press, Cambridge
- THOMAS L, LAAKE JL, STRINDBERG S, MARQUES FFC, BUCKLAND ST, BORCHERS DL, ANDERSON DR, BURNHAM KP, HEDLEY SL, POLLARD JH Y BISHOP JRB (2006) *Distance. Version 5.0, Beta 5*. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, Fife (URL: <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>)



LACK OF EVIDENCE FOR THE PRESENCE OF MACAWS OF THE *ANODORHYNCHUS* GENUS IN THE COLOMBIAN-BRAZILIAN RIVER BASIN OF THE VAUPÉS

BERNABÉ LÓPEZ-LANÚS¹, OSCAR LAVERDE², REYNIER OMENA JR.³ AND LUIS G. OLARTE⁴

¹ Audiornis Producciones. Pacheco de Melo 2534 7°F, C1425AUD Buenos Aires, Argentina.
lopezlanusbll@yahoo.com

² Fundación Tropenbos-Colombia. Bogotá, Colombia.

³ IPAAM (Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas). Manaus, Brazil.

⁴ ATA Fondo Filantrópico. Finca El Cairo, km 3 Vía Cocora, Salento, Quindío, Colombia.

ABSTRACT.— It is generally understood that the *Anodorhynchus* genus of macaws does not spread north of the Amazon River. However, recent published information suggests that the endangered Hyacinth Macaw *Anodorhynchus hyacinthinus* may occur in the region of the Papurí River, lower Vaupés, in Amazonian Colombia. This information is hypothetical, based on old reports and observations with imprecise geographical data. Our objective was to confirm the presence of macaws of the genus *Anodorhynchus* in the lower Vaupés, Colombia, and in nearby Negro River, Brazil. We carried out fieldwork and interviews from September 2004 to July 2005, but we failed to locate the species. Notwithstanding, we received information from 8% of the interviewed members of local ethnic groups suggesting that a macaw with similar characteristics to *Anodorhynchus* genus could inhabit this area. We discuss about the presence of macaws of this genus north of the Amazon River, and their potential food sources (local palms). On the basis of the absence of recordings we conclude that *Anodorhynchus hyacinthinus* should be considered hypothetical, at least in Colombia. Nevertheless, we recommend following the precautionary principle and suggest further work in the area.

KEY WORDS: *Anodorhynchus*, Brazil, Colombia, interviews, lower Vaupes, Negro River

RESUMEN. NO HAY EVIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE GUACAMAYOS DEL GÉNERO *ANODORHYNCHUS* EN LA CUENCA DEL RÍO VAUPÉS (COLOMBIA Y BRASIL).— Formalmente, el género *Anodorhynchus* no se distribuye al norte del río Amazonas, pero información reciente sugiere lo contrario, con la posibilidad de que *Anodorhynchus hyacinthinus* (especie amenazada) se encuentre presente en la región del río Papurí, en la cuenca inferior del Vaupés (Amazonía colombiana). Sin embargo, esta información es hipotética, se basa en documentos antiguos y observaciones con datos geográficos poco precisos. El objetivo del trabajo fue documentar la existencia de guacamayos del género *Anodorhynchus* en la cuenca inferior del río Vaupés (Colombia) y en el río Negro (Brasil). Se realizaron salidas de campo y entrevistas desde septiembre de 2004 hasta julio de 2005 pero no se pudo hallar a la especie. No obstante, un bajo porcentaje (8%) de la información obtenida de las etnias locales indicó que un guacamayo con las características del género *Anodorhynchus* habitaría en el área. Se discute sobre la presencia de guacamayos de este género al norte del río Amazonas y sus posibles fuentes de alimentación (las palmas locales). Ante la falta de registros se concluye que todas las evidencias deben ser consideradas como hipotéticas, al menos en Colombia, aunque aplicando el principio de precaución se justifica encarar una segunda fase del proyecto de búsqueda de la especie en el área.

PALABRAS CLAVE: *Anodorhynchus*, bajo Vaupés, Brasil, Colombia, entrevistas, Rio Negro

Received 13 January 2009, accepted 24 August 2009

Recent inclusion of Hyacinth Macaw (*Anodorhynchus hyacinthinus*) in the Colombian avifauna and presence of the genus in the Amazon region of the Colombian-Brazilian basin of the Vaupés River are based on Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002). These authors justify the inclusion of the species as “probably

for Colombia” based on ethnozoological evidence; they state that this endangered species is known by the Desana tribe in the Colombian region of the Maporí River (best known as the river Papurí; Fig. 1), a tributary of the river Vaupés on the border with Brazil (Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho 2002).

Biologist Rubén Darío Pérez-Ardila, as a tangent to his fieldwork with tortoises in the Papurí River, provided in part data that led to this conclusion. Pérez-Ardila learnt about an entirely blue macaw that had apparently been caught by the leader of a local indigenous community. Some days later, he reported observing a small flying group of macaws that were entirely blue except for some yellow on the sides of their heads. Pérez-Ardila made a similar observation a year later, when he returned to this area (Pérez-Ardila 2000, Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho 2002). Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002) also support their conclusion on verbal information given by Antonio Garzón, a Desana anthropologist from whom they obtained some information on feeding, breeding, ethnozoological and biogeographic distribution of macaws of the *Anodorhynchus* genus for Colombia. Finally, Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002) cite evidence of local names for *Anodorhynchus hyacinthinus*: “Vihina” (in the Desana language), and “Ararúna” in Hianákoto-Umáua (or Carijona) language (Koch-Grünberg 1908). This latter ethnic group inhabited the region of the Yari, Mesai and Chiribiquete, in the interior of Colombia’s Amazon (Koch-Grünberg 1995), some 300 km from the Vaupés area.

Although Juniper and Parr (1998) mapped *Anodorhynchus hyacinthinus* as occasional in northern Brazil, at present there is no convincing evidence of the genus *Anodorhynchus* north of the Amazon River (Forshaw 1989, Collar et al. 1992, BirdLife International 2009). The anecdotal evidence of the genus *Anodorhynchus* in Colombia, provided by Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002), is thus surprising. We therefore set out to confirm the presence of blue macaws in the area of the Vaupés River, north of the Amazon River, to identify the taxon to species level, to ascertain its status and ecological needs, and to make recommendations for its conservation.

METHODS

We surveyed the basin of the Vaupés and Negro rivers. Vaupés is a tributary of the Negro River, which flows to Manaus and join the Amazon River (Fig. 1). Most of fieldwork was carrying out on the Cuduyarí and Papurí (or Maporí) rivers, both tributaries of the Vaupés. Human settlements are found mostly along main rivers, and a short inspection to satellite images show the expansion of secondary woodland, agriculture and cattle-grazing around each population centre. In these areas, there are palms similar to those used by species of the *Anodorhynchus* genus in other regions, namely five species of both genera *Astrocaryum* and *Attalea* (Table 1), *Oenocarpus bataua* (known as Milpesos) and associations of *Mauritia flexuosa*, known as miritizales, cananguchales or morichales, special swamps where the macaws might breed (Collar et al. 1992, Yamashita and Valle 1993, C Yamashita, pers. com.). At Negro River fieldwork was focused on Sao Gabriel do Cachoeira and Manaus, areas that originally were covered by dense forest but which are gradually ceding to the advancing agricultural frontier following large-scale deforestation.

We gathered all information available about macaws of the *Anodorhynchus* genus from the region to identify the most promising areas to record the species. We carried out the project in two phases. First part was conducted in Colombia during September-October 2004, on the Cuduyarí, Vaupés and Papurí rivers (Fig. 1): this part was developed through interviews with local indigenous people and short excursions to places where macaws could be observed. A second phase was carried out in the

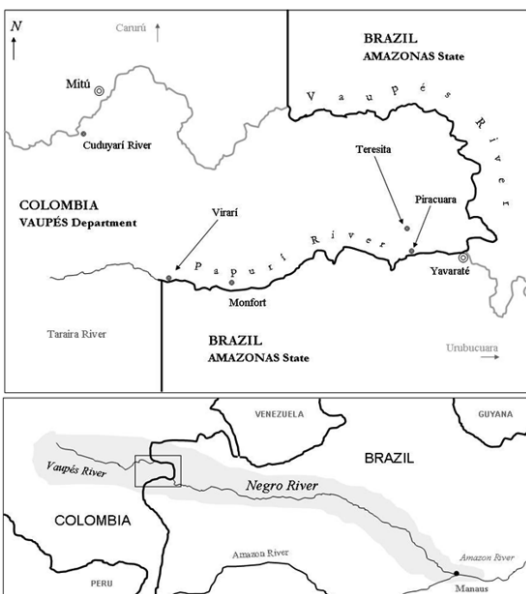


Figure 1. Study area in the Papurí River region, Colombian-Brazilian watershed in the Vaupés River catchment, and area surveyed in the Negro River, Brazil (inset shows detail of main map).

Table 1. Palms in the Vaupés region which could conceivably be eaten by macaws of the genus *Anodorhynchus*, and palms known to be eaten by *Anodorhynchus hyacinthinus*, *Anodorhynchus leari*, and *Anodorhynchus glaucus*. Data compiled from Yamashita and Valle (1993), Henderson et al. (1995), O Laverde (pers. obs.) and D Waugh (pers. com.).

Vaupés' palms	<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	<i>Anodorhynchus leari</i>	<i>Anodorhynchus glaucus</i>
<i>Attalea maripa</i>	<i>Attalea maripa</i>	<i>Syagrus coronata</i>	<i>Butia yatay</i> (?)
<i>Attalea butyracea</i>	<i>Attalea speciosa</i>		
<i>Attalea insignis</i>	<i>Attalea funifera</i>		
<i>Attalea microcarpa</i>	<i>Attalea phalerata</i>		
<i>Attalea racemosa</i>	<i>Syagrus coronata</i>		
<i>Astrocaryum acaule</i>	<i>Acrocomia</i> sp.		
<i>Astrocaryum chambira</i>	<i>Astrocaryum</i> sp.		
<i>Astrocaryum gynacanthum</i>			
<i>Astrocaryum jauari</i>			
<i>Astrocaryum murumuru</i>			
<i>Syagrus orinocensis</i>			

Negro River by using just interviews. People with a good knowledge of the area, such as hunters and elder settlers were interviewed; techniques comprised informal conversation and showing pictures of different species of *Anodorhynchus* and *Ara* genera (including species unknown in this area). The questions were phrased in such a way to avoid receiving false positives. In the case of apparently genuine positive responses, we carefully confirmed the veracity of the claim through detailed follow-up questions, and by trusting the judgement of the experienced interviewer.

Finally, we looked for the presence of palms that may be important for macaws in the region (Table 1), taking into account bibliographic sources (Collar et al. 1992, Yamashita and Valle 1993, C Yamashita, pers. com.) and by direct observations in the field.

RESULTS

We visited seven localities in the Vaupés region (Fig. 1) where 156 interviews were carried out. We worked interviews mainly with indigenous communities from the Cubeo, Tukano, Barasano, Desano and Maku ethnics. Of the total interviews, just five (7.8 %) gave positive results regarding anecdotal information on macaws of the genus *Anodorhynchus*. Within interviews with positive results, four interviewed described a species more similar to *Anodorhynchus glaucus* than *Anodorhynchus hyacinthinus* on account of its smaller build, lighter plumage

and in one case, larger extent of the yellow perimandibular skin. Nonetheless, answers were vague and uncertain about the exact date and place of the observation. The vast majority of interviews (92.2 %) failed to provide positive information relating to the potential presence of macaws of the genus *Anodorhynchus*. We also received clear indications of misidentifications. For example, at Yavaraté, two captive specimens that were claimed to be *Anodorhynchus hyacinthinus* turned out to be Scarlet Macaw (*Ara macao*) and Blue-and-yellow Macaw (*Ara ararauna*). Investigations from the region of the Negro River also produced negative results.

Rubén Darío Pérez-Ardila apparently recorded a voice of a macaw of the genus *Anodorhynchus* in the Vaupés River, but this was unknown to Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002). Recording was deposited at Banco de Sonidos Animales of the Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia, but when examined it was revealed that no macaws were in the recordings (M Álvarez, pers. com.).

We shown in Table 1 details of the palm species present in the region that could conceivably be consumed by any species of the genus *Anodorhynchus*. This list is based on the kind of palms mainly consumed by *Anodorhynchus hyacinthinus*, *Anodorhynchus leari* and *Anodorhynchus glaucus* in other areas where they are known to inhabit (Collar et al. 1992, Yamashita and Valle 1993, C Yamashita, pers. com.).

DISCUSSION

Following our assessment, there appears to be no reliable evidence of the existence of *Anodorhynchus hyacinthinus* in Colombia. We base this conclusion on several factors. First, the recording obtained by Pérez-Ardila does not contain vocalisations of any macaw of the genus *Anodorhynchus*. Moreover, there appears to be some confusion about Pérez-Ardila's study site. Whereas Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002) understood it to be around Papurí, Pérez-Ardila (2000) work was made at Inírida River and a tributary, the Caño Bocón, which lies more than 100 km north of Papurí. Second, ethnozoological evidence is far from satisfactory. During an interview in San José de Virarí, we learnt that the name "vihina" in the Desana language could refer to any species of macaw that occurs seasonally ("vihina" means visitor). Such is the case for *Ara ararauna*, a species that is present seasonally in this area.

There was also no evidence from "plumage art" (i.e., headpieces, feathers) that blue macaws occur in the area inhabited by the local ethnic groups. In no case were any ornaments found with blue ridged and black ventral rectrices corresponding to the macaw *Anodorhynchus* group. Even if there had been, there is no guarantee that the feathers came from local birds: plumage art can include feathers from very distant places, hundreds of kilometres away (C Yamashita, pers. com.). In addition, we did not receive any information relating to the trade of any kind of macaw of the genus *Anodorhynchus* in the study area; nor has any person—prior to our research—enquired about the presence of Psittacidae with characteristics of this genus.

The mention of the local name "ararúna" by the Hianákoto-Umáua ethnic group cited by Koch-Grünberg (1908) may be yet another confusion, potentially referring to *Ara ararauna*. This ethnic group was part of the well-known Carijonas, which inhabited the region of Chiribiquete, the Mesai and the Yará rivers (Koch-Grünberg 1908). The Chiribiquete region is not very far away from the Vaupés area (some 300 km), but several expeditions to this region, such as those carried out by G Stiles (Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá) or the Instituto Alexander von Humboldt (more recently) make no mention of macaws of the genus *Anodorhynchus*. Furthermore, research with indige-

nous communities at middle Caquetá River with Muinane and Matapí ethnic groups (intermediate area between the Vaupés and Chiribiquete) never produced any indication of entirely blue macaws of entirely blue plumage, whilst *Ara ararauna* is common in the area (O Laverde unpublished data).

Against this backdrop of negative results, the five "positive" interviews are intriguing; in particular the four who described a taxon different to *Anodorhynchus hyacinthinus*. People associated their observations regarding the size and plumage of macaws of the genus *Anodorhynchus* to illustrations of *Anodorhynchus glaucus*. If they were not mistaken, this could conceivably represent a different species, given that the former range of *Anodorhynchus glaucus* lay roughly to the south of that of *Anodorhynchus hyacinthinus*. However, it is more probable that these eyewitnesses were mistaken given the high percentage of interviewees that failed to recognise the species, and identification errors were noted with the two captive birds at Yavaraté. Another example lies in the general observations that were carried out long ago in regions such as Carurú or Tararaira. In other cases, the information came from distant sites, suspiciously far from the site where the interview was carried out, as at Urubucua. On account of this, the data provided by these interviews can only be used to indicate possible occurrence, at best.

Even those who "positively" identified macaws of the genus *Anodorhynchus* were unable to shed light on the ecological information provided by Rodríguez-Mahecha and Hernández-Camacho (2002). We were thus unable to determine the veracity of their postulation that *Anodorhynchus hyacinthinus* eats fruits of *Hevea* sp. and *Micrantha sprucei*; nor could it be ascertained if the species reproduces occasionally or permanently in this region, and if they reproduce in *Mauritia flexuosa* morichales. Chambira or cumare (*Astrocaryum chambira*) is a palm much used by the indigenous communities for the making of handcrafts (O Laverde, pers. obs.); should there be a relationship between this palm and the presumed macaw of the genus *Anodorhynchus* in this area, it would be necessary to determine the degree of influence of this activity on the birds.

This discussion brings us to another question: whether *Anodorhynchus hyacinthinus* still inhabits or, indeed ever inhabited, regions north

of the Amazon River (as postulated by Juniper and Parr 1998, JI Hernández-Camacho, pers. com.). At present, we did not observe this bird in the area, and no documented record exists (G Stiles, pers. com., C Yamashita, pers. com.). The only reliable (but undocumented) records are over 100 years old, and come from two areas of Brazil: Amapá (Goeldi 1897, C Yamashita, pers. com.) and Monte Alegre in the state of Pará (C Yamashita, pers. com.), which retains good habitat with *Maximiliana maripa* palm formations (C Yamashita, pers. com.). So if birds of the genus *Anodorhynchus* ever occurred north of the Amazon River, there is no reliable evidence to suggest that it still does so.

The presence of palms of the genera *Attalea* and *Astrocaryum* (which *Anodorhynchus hyacinthinus* consumes) in the Vaupés area certainly suggests that *Anodorhynchus* genus macaws could subsist here. But our fieldwork suggests that, at best, *Anodorhynchus hyacinthinus* should be considered hypothetical in Colombia. More reasonably, we suggest that the species does not exist here, and probably never has done. It is therefore unfortunate that the presumption of the species' presence in Colombia has snowballed recently, most notably in the production by Conservation International Colombia of a poster of Colombian parrots which includes this species. Nevertheless, in keeping with the precautionary principle, we recommend that a second phase of this investigation be conducted. After all, if *Anodorhynchus hyacinthinus* (or a different taxon) were to occur north of the Amazon, there would be considerable implications for the species' conservation. We thus suggest that a poster seeking knowledge about blue macaws be distributed in the area of the Vaupés River as well as throughout the basin of the Negro River. This study should last at least one year and should be conducted in collaboration with Government (i.e., the Corporación de la Alta Amazonía en el Vaupés) and non-governmental organizations that are involved in environmental issues in the region. This would be more cost-effective than engaging a biologist on an exclusive basis in the region.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Loro Parque Foundation for support and funds. To Carlos Yamashita and Gary Stiles, advisors to this project. To Wilson Salazar and Luis

Fernando Jaramillo of the Corporación de la Alta Amazonía, Vaupés sectional, for logistical support during fieldtrip to Vaupés. To David Waugh and Yves de Soye (Loro Parque Foundation), and José Vicente Rodríguez (Conservation International Colombia) and Marlon Rubiano for the help in providing various data of much use to the project. To William González Torres, indigenous member of the Cubeo ethnic group, for accompanying and supporting fieldwork during the exploration of the region of the Papuri River. To Mauricio Álvarez for the analysis of recorded tapes (Banco de Sonidos Animales, Instituto Alexander von Humboldt). To Michèle Criado Labarrière for technical and logistic support to the project. To Iris Bruzzone for translation of the Spanish manuscript, and Carlos Yamashita, James Lowen and Christian Devenish for comments on drafts of this paper.

LITERATURE CITED

- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2009) *Species factsheet: Anodorhynchus hyacinthinus*. BirdLife International, Cambridge (URL: <http://www.birdlife.org/>)
- COLLAR NJ, GONZAGA LP, KRABBE N, MADROÑO NIETO AG, NARANJO LG, PARKER TA III AND WEGE DC (1992) *Threatened birds of the Americas: the ICBP Red Data Book*. International Council for Bird Preservation, Cambridge
- FORSHAW JM (1989) *Parrots of the world*. Third edition. Blandford Press, London
- GOELDI E (1897) Ornithological results of a naturalist's visit to the coastal region of South Guyana. *Ibis* 39:149–165
- HENDERSON A, GALEANO G AND BERNAL R (1995). *Field guide to the palms of the Americas*. Princeton University Press, Princeton
- JUNIPER T AND PARR M (1998) *Parrots. A guide to parrots of the world*. Yale University Press, New Haven and London
- KOCH-GRÜNBERG T (1908) Die Hianákoto-Umáua. *Anthropos* 3:297–306
- KOCH-GRÜNBERG T (1995) *Dos años entre los indios. Viajes por el noreste brasileño 1903–1905. Segundo Volumen*. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- PÉREZ-ARDILA RD (2000) *Las tortugas, Reptilia-Testudinata, del río Inírida entre las comunidades indígenas Curripaco y Puinave*. Graduate thesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- RODRÍGUEZ-MAHECHA JV AND HERNÁNDEZ-CAMACHO JI (2002) *Loros de Colombia*. Conservation International, Bogotá
- YAMASHITA C AND VALLE MP (1993) On the linkage between *Anodorhynchus* macaws and palm nuts, and the extinction of the Glaucous Macaw. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 113:53–60



SEXUAL SIZE DIMORPHISM IN BLACK-BROWED ALBATROSS (*DIOMEDEA MELANOPHRIS*) INCIDENTALLY KILLED DURING LONGLINE OPERATIONS

PATRICIA GANDINI^{1,2,4}, ESTEBAN FRERE^{1,2}, M. FERNANDA GARCÍA¹ AND JUAN P. SECO PON³

¹ Centro de Investigaciones de Puerto Deseado, Universidad Nacional de la Patagonia Austral.
Avenida Prefectura s/n, CC 238, 9050 Puerto Deseado, Santa Cruz, Argentina.

² Wildlife Conservation Society, 2300 Southern Boulevard, Bronx, New York, NY 10460, USA.

³ Avenida Colón 1906 1º K, 7600 Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

⁴ pagandini@yahoo.com.ar

ABSTRACT.— Black-Browed Albatross (*Diomedea melanophris*) displays little sexual dimorphism and although males are usually larger than females, sexing birds by direct observation is difficult. We evaluated sexual size dimorphism in this species and provided a reliable method to predict the sex of measured birds. Discriminant Analysis of six morphometric measurements of adult birds indicated that only three variables (bill depth, head width and nape) were the most accurate variables to use in a discriminant function model, predicting sex with 87% of reliability.

KEY WORDS: Argentina, Black-Browed Albatross, Discriminant Analysis, sexing, sexual size dimorphism.

RESUMEN. DIMORFISMO SEXUAL DEL TAMAÑO CORPORAL EN ALBATROS CEJA NEGRA (*DIOMEDEA MELANOPHRIS*) CAPTURADOS INCIDENTALMENTE DURANTE LAS OPERACIONES DE PALANGRE.— El Albatros Ceja Negra (*Diomedea melanophris*) muestra un escaso dimorfismo sexual y aunque generalmente los machos son más grandes que las hembras el sexado por observación directa puede ser difícil. Se evaluó el dimorfismo sexual del tamaño corporal en esta especie con un método confiable para predecir el sexo a partir de mediciones de las aves. El Análisis Discriminante aplicado a seis caracteres morfométricos tomados en individuos adultos indicó que solo tres de las variables (ancho del pico, ancho de la cabeza y la nuca) son las más precisas para utilizar en una función discriminante, prediciendo el sexo con un 87% de exactitud.

PALABRAS CLAVE: Albatros Ceja Negra, Análisis Discriminante, Argentina, dimorfismo sexual de tamaño corporal, sexado.

Received 10 February 2009, accepted 20 August 2009

Sex ratio is an important parameter to consider in ecological and conservation seabirds studies (Weimerskirch and Jouventin 1987). Often simple ratios of male to female sizes are used as indices of sexual dimorphism (Fairbairn and Shine 1993); they could be also used to attempt to better understand the ecology of sexes of birds incidentally captured by fisheries. In the last decades the population tendency of several species of albatrosses and petrels in the Southern Ocean are declining, often linked to longlining operations (Croxall and Prince 1990, Brothers 1991, Cherel et al. 1996), primarily because thousands of birds are hooked accidentally when they swallow or are snagged on the baited hooks set by commercial longline crews (Brothers 1991, Tasker et al. 2000, Belda and Sanchez 2001, Gandini and Frere 2006).

Black-Browed Albatross (*Diomedea melanophris*) were re-categorized as endangered by IUCN in 2005, as inferred from a steep decline of 65% over three generations (BirdLife International 2008). Therefore, the proportion of sexes affected by commercial longline is crucial to determine the future of the species. Some of the hooked birds drown when they are caught mainly during setting and some others can be released alive when they caught during hauling. These birds are socially monogamous and form long-term pair bonds (Brooke 2004). During the breeding season, visual assessment of sexes of live seabirds can be inferred from sexual displays with certainty (Jouventin and Lequette 1990, Pickering and Berrow 2001). However, it may be an impossible task in other situations when no obvious differences in

Table 1. Morphometric measures (mean $\pm$ SD) of drowned males ($n = 105$) and females ($n = 50$) of Black-Browed Albatross (*Diomedea melanophris*) collected from longline fishery in waters off the Patagonian Shelf, Argentina. Results of Multivariate Analysis of Variance evaluating differences between sexes are shown.

Variable	Males	Females	F	P
Bill depth (mm)	28.53 $\pm$ 1.27	26.97 $\pm$ 1.20	53.33	<0.01
Head width (mm)	62.46 $\pm$ 3.22	58.52 $\pm$ 4.34	40.24	<0.01
Nape (mm)	76.26 $\pm$ 4.80	71.64 $\pm$ 4.20	33.94	<0.01
Nalospí (mm)	38.73 $\pm$ 1.65	36.97 $\pm$ 1.62	38.88	<0.01
Bill length (mm)	120.10 $\pm$ 3.07	118.09 $\pm$ 6.62	6.68	<0.01
Wing length (cm)	116.40 $\pm$ 11.06	112.93 $\pm$ 10.76	3.38	0.06

plumage or body size exist between the two sexes, as is the case of this species (Croxall 1991).

Nowadays is relatively easy to sex birds molecularly (Jodice et al. 2000, Quintana et al. 2003, Copello et al. 2006, Svagelj and Quintana 2007), but sometimes an immediate determination of sex at the field is still useful (e.g., when the sample is too big or it is impossible to transport samples from ship to laboratory). Here we report which body measurements can be used to determine the sex of living or dead individuals of Black-Browed Albatross based on morphometric analyses of birds incidentally caught by commercial fisheries.

METHODS

Samples of drowned birds ($n = 155$) were collected at four time intervals: October 2001, July–November 2003, January–March 2005, and October–December 2005 from longline fishery that operated between 43–48°S and 59–62°W in waters off the Patagonian Shelf, Argentina. The longline systems used there have been described by Gandini and Frere (2006) and Seco Pon et al. (2007). Bird measurements include: nalospí (distance from the tip of bill to the nostril), head width, bill depth (minimum depth at the mid length of the bill), nape, and bill length (exposed culmen). All measures were obtained to the nearest 0.01 mm using a digital vernier calliper (Hull 1996, González-Solís 2004). Additionally, wing length (carpal joint to tip of the longest primary) was measured on the right side of the body with a ruler to the nearest 1 mm. Body mass was discarded because measurements were performed

on frozen individuals. All birds brought to the laboratory were sexed by dissection and the six morphometric measurements were taken when possible because some of the drowned birds were in poor condition and it was not possible to take all of them. All measurements were taken in adult albatrosses. To determinate the age of birds we used plumage pattern.

Multivariate Analysis of Variance was used to determine whether the overall external morphology varied with sex. We used Discriminant Analysis to combine the biometric data of birds of known sex using the statistical package STATISTICA. The performance of each variable was evaluated with Wilk’s Lambda statistic, which decreases as discriminatory power increases. The combination of measurements that best discriminated between sexes was selected, and a discriminant function model was obtained from there. The cutting score for the discriminant function was calculated as the weighted average of the mean value of discriminant scores for each sex (Hair et al. 1995). We report here the percentage of individuals correctly identified for each sex and for all birds pooled.

RESULTS

Males were significantly larger than females in all body measurements except for wing length (Table 1). Stepwise Discriminant Analysis chose five variables from the six body measurements available and bill depth emerged as the single most accurate indicator of sex, correctly identifying 79% of all sampled individuals, followed by head width, nape, nalospí and bill length

Table 2. Accuracy of sexing Black-Browed Albatross (*Diomedea melanophris*) obtained by Discriminant Analysis using single morphometric measurements and combined functions D_1 and D_2 (see text). Wilk's Lambda statistic, F values and the percentage of individuals correctly identified for each sex are shown.

Variable	Wilk's Lambda	F	Males (%)	Females (%)
Bill depth	0.74	53.34	89	60
Head width	0.79	40.24	89	30
Nape	0.82	33.95	89	36
Nalospa	0.79	38.88	87	52
Bill length	0.96	6.68	100	8
Wing length	0.98	3.38	100	0
D_1	0.57	116.98	91	74
D_2	0.58	111.32	91	78

(Table 2). The resulting discriminant function was:

$$D_1 = 0.433 \text{ bill depth} + 0.131 \text{ head width} + 0.086 \text{ nape} + 0.117 \text{ nalospa} + 0.029 \text{ bill length} + -34.656$$

where values of $D_1 > 0$ identified males and values of $D_1 < 0$ identified females. This function correctly identified the sex of 86% of the samples.

Because a discriminant function requiring five different measurements is of little practical value in field studies, the functions with the highest discriminatory power using fewer measurements were calculated. The discriminant function based on the linear combination of only three variables was:

$$D_2 = 0.529 \text{ bill depth} + 0.142 \text{ head width} + 0.092 \text{ nape} - 30.420$$

where values of $D_2 > 0$ identified males and values of $D_2 < 0$ identified females. This function correctly identified the sex of 87% of the samples.

DISCUSSION

Adults of Black-Browed Albatross analyzed showed significant differences in body measurements between sexes, with males bigger than females, in almost all measurements. The estimated Discriminant Analysis indicated that bill depth was the most useful character for distinguishing between sexes. Our results are in line with several studies (Conroy 1972, Croxall 1982, Fairbairn and Shine 1993, González-Solís 2004) and indicate that even though seabirds are externally similar regarding the sex

this combination of external measurements still provides a useful tool for sexing birds.

The discriminant function D_2 explained greater percentages of classification (87%) using half of the variables in comparison with the D_1 function (86%) that uses all the variables. In addition, it is recommended that fewer variables be used to determine a bird's sex due to the difficulty of manipulating birds in the field. Therefore, the function with three of the most important external measures (head width, bill depth and nape) turned out to be the best way to discriminate between sexes of Black-Browed Albatross. While D_2 correctly classified 87% of all birds, it was not so reliable to classify females; the percentage of correct classifications for females was smaller than for males. This may be due to the original unbalance of the sample (105 males and 50 females).

Morphological differences are apparent for Black-Browed Albatross with the subspecies *Diomedea melanophris impavida* endemic to New Zealand (Marchant and Higgins 1990), but groups of birds breeding at other Sub-Antarctic sites are not clearly discriminated (Waugh et al. 1999). According to this, our Discriminant Analysis should be tested on biometric data of individuals of known provenance in order to determine the feasibility of our findings.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Wildlife Conservation Society and CONICET. We thank to ARGENOVA S.A.

LITERATURE CITED

- BELDA EJ AND SANCHEZ A (2001) Seabird mortality on longline fisheries in the western Mediterranean: factors affecting bycatch and proposed mitigation measures. *Biological Conservation* 98:357–363
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2008) *Species factsheet: Thalassarche melanophrys*. BirdLife International, Cambridge (URL: <http://www.birdlife.org/>)
- BROOKE M (2004) *Albatrosses and petrels across the world*. Oxford University Press, Oxford
- BROTHERS N (1991) Albatross mortality and associated bait loss in Japanese longline fishery in the Southern Ocean. *Biological Conservation* 55:255–268
- CHEREL Y, WEIMERSKIRCH H AND DUHAMEL G (1996) Interactions between longline vessels and seabirds in Kerguelen waters and a method to reduce seabird mortality. *Biological Conservation* 75:63–70
- CONROY JW (1972) Ecological aspects of the biology of the giant petrel, *Macronectes giganteus*, in the maritime Antarctic. *British Antarctic Survey Report* 75:1–74
- COPELLO S, QUINTANA F AND SOMOZA G (2006) Sex determination and sexual size dimorphism in Southern Giant-Petrels (*Macronectes giganteus*) from Patagonia, Argentina. *Emu* 106:141–146
- CROXALL JP (1982) Sexual dimorphism in snow petrels *Pagodroma nivea*. *Notornis* 29:171–180
- CROXALL JP (1991) Constraints in reproduction in albatrosses. Pp. 279–302 in: BELL BD, COSSEE RO, FLUX JEC, HEATHER BD, HITCHMOUGH RA, ROBERTSON CJR AND WILLIAMS MJ (eds) *Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici*. New Zealand Ornithological Congress Trust Board, Wellington
- CROXALL JP AND PRINCE PA (1990) Recoveries of Wandering Albatrosses *Diomedea exulans* ringed at South Georgia 1958–1986. *Ringed & Migration* 11:43–51
- FAIRBAIRN J AND SHINE R (1993) Patterns of sexual size dimorphism in seabirds of the Southern Hemisphere. *Oikos* 68:139–145
- GANDINI P AND FRERE E (2006) Spatial and temporal patterns in the bycatch of seabirds in the Argentinean longline fishery. *Fishery Bulletin* 104:482–485
- GONZÁLEZ-SOLÍS J (2004) Sexual size dimorphism in northern giant petrels: ecological correlates and scaling. *Oikos* 105:247–254
- HAIR JF JR, ANDERSON RE, TATHAM RL AND BLACK WC (1995) *Multivariate data analysis*. Fourth edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs
- HULL CL (1996) Morphometric indices for sexing adult Royal *Eudyptes schlegeli* and Rockhopper *E. chrysocome* penguins at Macquarie Island. *Marine Ornithology* 24:23–27
- JODICE PGR, LANCTOT RB, GILL VA, ROBY DD AND HATCH A (2000) Sexing adult Blacklegged Kittiwakes by DNA, behavior, and morphology. *Waterbirds* 23:405–415
- JOUVENTIN P AND LEQUETTE B (1990) The dance of the Wandering Albatross *Diomedea exulans*. *Emu* 90:123–131
- MARCHANT S AND HIGGINS PJ (1990) *Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic birds. Volume 1. Ratites to ducks*. Oxford University Press, Melbourne
- PICKERING SPC AND BERROW SD (2001) Courtship behavior of the Wandering Albatross *Diomedea exulans* at Bird Island, South Georgia. *Marine Ornithology* 29:29–37
- QUINTANA F, SOMOZA G, UHART M, CASSARÁ C, GANDINI P AND FRERE E (2003) Sex determination of adult Rock Shags by molecular sexing and morphometric parameters. *Journal of Field Ornithology* 74:370–375
- SECO PON JP, GANDINI P AND FAVERO M (2007) Effect of longline configuration on seabird mortality in the Argentine semi-pelagic Kingclip *Genypterus blacodes* fishery. *Fisheries Research* 85:101–105
- SVAGELJ WS AND QUINTANA F (2007) Sexual size dimorphism and sex determination by morphometric measurements in breeding Imperial shags (*Phalacrocorax atriceps*). *Waterbirds* 30:97–102
- TASKER ML, CAMPHUYSEN CJ, COOPER J, GARTHE S, MONTEVECCHI WA AND BLABER SJM (2000) The impacts of fishing on marine birds. *ICES Journal of Marine Science* 57:531–547
- WAUGH SM, PRINCE PA AND WEIMERSKIRCH H (1999) Geographical variation in morphometric of Black-browed and Grey-headed albatrosses from four sites. *Polar Biology* 22:189–194
- WEIMERSKIRCH H AND JOUVENTIN P (1987) Population dynamics of the wandering albatross, *Diomedea exulans*, of the Crozet Islands: causes and consequences of the population decline. *Oikos* 49:315–322

HIDDEN DICHROMATISM IN THE BURROWING PARROT (*CYANOLISEUS PATAGONUS*) AS REVEALED BY SPECTROMETRIC COLOUR ANALYSIS

JUAN F. MASELLO^{1,3}, THOMAS LUBJUHNS² AND PETRA QUILLFELDT¹

¹ Max Planck Institute for Ornithology, Vogelwarte Radolfzell, Schlossallee 2, D-78315 Radolfzell, Germany.

² Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Germany.

³ masello@orn.mpg.de

ABSTRACT.— Bird colour perception differs fundamentally from that of humans. Birds have more cone types in the retina, including UV or violet cones, which enable them to perceive a wider spectral range. Thus, human colour perception can be deceiving when assessing functional aspects of bird plumage coloration, such as the intensity of sexual selection. In this study we measured reflectance spectra of different plumage regions of male and female Burrowing Parrot (*Cyanoliseus patagonus*) individuals. Although not obvious to human eyes, spectrometry revealed that adults are sexually dichromatic. Plumage regions with structure-based (blue) and structure-psittacofulvin pigment-based (green) coloration differed in achromatic brightness. In contrast, the psittacofulvin-based (red) region differed in spectral shape between the sexes. Thus, Burrowing Parrot is among the growing number of bird species which were formerly classed as sexually monochromatic based on human vision, but which are actually sexually dichromatic.

KEY WORDS: *Burrowing Parrot, Patagonia, psittacofulvin-based coloration, psittacofulvins, sex differences, sexual dichromatism, structural coloration.*

RESUMEN. DICROMATISMO SEXUAL OCULTO EN EL LORO BARRANQUERO (*CYANOLISEUS PATAGONUS*) REVELADO POR MEDIO DE ANÁLISIS ESPECTROMÉTRICOS.— La percepción del color por parte de las aves difiere esencialmente de la de los humanos. Las aves tienen más conos en su retina, incluyendo conos sensibles al ultravioleta y violeta, los que les permite percibir un rango espectral más amplio. Por lo tanto, la percepción humana de los colores puede engañar a la hora de evaluar aspectos funcionales del color del plumaje de las aves, tales como la intensidad de la selección sexual. En este trabajo se midieron los espectros de reflectancia de diferentes regiones del plumaje de machos y hembras de Loro Barranquero (*Cyanoliseus patagonus*). Si bien no resulta obvio a los ojos humanos, las mediciones espectrométricas revelaron que los adultos son sexualmente dicromáticos. Regiones del plumaje con coloración basada en la estructura (azul) o con color basado en una mezcla de estructura y psittacofulvinas (verde) difirieron en el brillo acromático. En cambio, la coloración basada en psittacofulvinas (rojo) difirió en la forma del espectro entre los sexos. Por lo tanto, el Loro Barranquero es una más de un creciente número de aves que, de acuerdo a la visión humana, fueron previamente clasificadas como sexualmente monocromáticas pero que, en realidad, son sexualmente dicromáticas.

PALABRAS CLAVE: *coloración basada en psittacofulvinas, coloración estructural, dicromatismo sexual, diferencias sexuales, Loro Barranquero, Patagonia, psittacofulvinas.*

Received 20 March 2009, accepted 16 August 2009

Sexual dichromatism, defined as differences in the coloration of males and females of the same species, is thought to have evolved in response to selection pressures that differ between the sexes (Badyaev and Hill 2003; see also Heinsohn et al. 2005). Based on human visual perception, birds have traditionally been classified as sexually monochromatic or dichromatic species. However, this classification could be subjective if assessed from a human

vision perspective. This is due to the fact that bird colour perception differs fundamentally from that of human beings: they have a wider spectral range and more cone types in the retina (Hill and McGraw 2006). The possession of UV or violet cones allows birds to see colours that humans cannot experience (Hill and McGraw 2006). Recent discoveries based on feather spectrometry showed that presumed sexually monochromatic birds were actually sexually di-

chromatic (e.g., Andersson et al. 1998, Cuthill et al. 1999, Mahler and Kempnaers 2002, Eaton 2005, Tubaro et al. 2005, Santos et al. 2006). Sexual dichromatism has often been used as a measure of the intensity of sexual selection (e.g., Møller and Birkhead 1994, Owens and Hartley 1998; but see also Badyaev and Hill 2003). In many polygamous birds, the more competitive sex develops more ornate plumage than the choosy sex, whereas large differences between the sexes in parental care lead to the development of more cryptic plumage in the caring sex. Monogamous species are usually less dichromatic (e.g., Owens and Hartley 1998).

In many Psittaciformes, the genders are indistinguishable to the human eye and hence these species have been traditionally classified as monochromatic. However, although most species appear to be monogamous (e.g., Masello et al. 2002), spectrometric measurements of plumage coloration suggests that dichromatism may be more frequent than previously thought when the UV part of the spectrum is considered (Santos et al. 2006). Psittaciformes, like several other orders of birds, possess ultraviolet-sensitive cones (UVS; Hill and McGraw 2006). Related to this, they also show ultraviolet reflectance in their plumage coloration (Burkhardt 1989, Pearn et al. 2003, McGraw and Nogare 2005, Santos et al. 2006, Masello et al. 2008) that at least one species uses in mate choice decisions (Pearn et al. 2001).

Psittaciformes have evolved a unique way to produce their bright plumage coloration. Parrots and cockatoos use lipochromes (Krukenberg 1882, Völker 1936, 1937, 1942) to produce the bright red-to-yellow hues in their feathers. These polyenal lipochromes, called psittacofulvins, have been known to science for a long time (e.g., Krukenberg 1882). Nevertheless, their biochemical identity, structure and distribution have been investigated only recently (Veronelli et al. 1995, Stradi et al. 2001, Morelli et al. 2003). In a study across 27 genera, McGraw and Nogare (2005) found that the 5 identified psittacofulvins occurred in all parrots they investigated. The absence of carotenoids reported for the plumage of Psittaciformes suggests that they avoid depositing or are unable to deposit such pigments in feathers (Völker 1936, 1937, 1942, Stradi et al. 2001, McGraw and Nogare 2004, 2005). Psittaciformes also exhibit striking blue structural colours produced by feather nanostructures and green colours, which are a combination

of structural colour and yellow psittacofulvin pigments in particular arrays (e.g., Dyck 1971a, 1971b, 1992, Finger et al. 1992, Prum et al. 1999, Prum and Torres 2003). Recent studies highlighted the importance of UV-blue structural colours in sexual signalling in birds (e.g., Doucet and Montgomerie 2003, Shawkey and Hill 2005).

The Burrowing Parrot (*Cyanoliseus patagonus*) is a colonial Psittaciformes that, in Argentina, mainly inhabits the Monte Phytogeographical Province, a scrubland characterized by bushy steppes and xerophytes (Cabrera 1971). This species needs sandstone, limestone or earth cliffs or "barrancas" (gorges or ravines) to excavate nest burrows (e.g., Masello et al. 2001, 2006b). Recently, various aspects of the breeding biology of the Burrowing Parrot have been studied extensively (e.g., Masello and Quillfeldt 2002, 2003, 2004a, 2004b, 2008, Masello et al. 2002, 2004, 2006a, 2006b, 2008, 2009). The species has a socially and genetically monogamous breeding system with intensive biparental care (Masello and Quillfeldt 2002, 2003, 2004a, Masello et al. 2002, 2004, 2006b). The Burrowing Parrot shows slight size dimorphism, males being larger (about 5%) than females (Masello and Quillfeldt 2003). Like other parrots, they do not deposit carotenoids in their feathers (Masello et al. 2008); instead they have a psittacofulvin-based red patch in the centre of the abdominal region (Masello and Quillfeldt 2003, 2004b, Masello et al. 2004, 2008). Adult males have larger abdominal red patches than females (Masello and Quillfeldt 2003).

Recent work questioned sexual monochromatism in the Burrowing Parrot. Using a method based on human colour perception (RGB: red, green, blue; Masello et al. 2004), differences in hue of the red abdominal patch between male and female parrots were detected (Masello et al. 2004). The same study also found that the red patch is a good predictor of female body condition and male size, suggesting that the red coloration acts as a signal of individual condition, quality and parental investment (see also Masello and Quillfeldt 2004b). However, those previous studies used methods based on the human-visible spectrum (400–700 nm), while birds have a wider spectrum (320–700 nm), and thus will perceive colours differently to humans (Hill and McGraw 2006). More recently, the condition-dependence of the red psittacofulvin and blue structural colours in the Burrowing Parrot have been investigated with the use of reflectance spectrometry (Masello et al. 2008).

Results suggested that the intensity of both the structural and the psittacofulvin-based colours of nestling parrots (Masello et al. 2008) was influenced by the conditions experienced during feather growth. In the present study, with the use of reflectance spectrometry, we measure red (psittacofulvins-based), green (mixed) and blue (structural-based) plumage coloration in a population of wild Burrowing Parrot of north-eastern Patagonia (Argentina). We test whether the variability observed in coloration is related to differences between the genders.

METHODS

Bird sampling

The study was carried out during four breeding seasons (Oct 1998–Feb 1999, Nov 1999–Jan 2000, Nov 2001–Jan 2002, Nov 2003–Jan 2004) at the largest colony of the Burrowing Parrot located in a cliff facing the Atlantic Ocean in north-eastern Patagonia, Argentina (Masello et al. 2006b). The habitat in the surroundings of the colony belongs to the north-eastern Patagonian region of the Monte Phytogeographical Province, characterized by bushy steppes and xerophytes (Cabrera 1971).

According to accessibility, 79 nests were closely monitored in one region of the colony (41°03'S, 62°48'W) as part of an ongoing study of the breeding behaviour of the species (e.g., Lubjuhn et al. 2002, Mey et al. 2002, Blank et al. 2007, Masello et al. 2009 and references therein). Nests were inspected every five days by climbing the cliff face. Adult parrots were captured in their nests only during the breeding season and while attending nestlings.

Birds were sexed using PCR amplification of a highly conserved W-linked gene as previously described (Lubjuhn and Sauer 1999, Masello and Quillfeldt 2004b). Blind duplicate and triplicate blood samples were analysed in order to ensure the accuracy of the gender determination. In all cases duplicates and triplicates confirmed the results. The age of the adult birds remained unknown.

The Burrowing Parrot tends to desert its nest in response to disturbance during incubation and the first week after hatching (Masello et al. 2002). In order to reduce observer influence, nests were not disturbed until about five days after the estimated hatching date of the last nestling of a clutch. Blood sampling for gender determination had no detectable adverse effects

on the birds. After measuring and sampling, the birds were released in their burrows. No desertion occurred. The number of fledglings and the pre-fledgling nestling size of handled nests were within previously reported ranges (Masello and Quillfeldt 2002, 2003, 2004a).

Feather sampling, colour measurements and analysis

The first time the adults were captured in the nest one feather from the centre of the abdominal red patch and the green-blue fourth secondary covert of the right wing were sampled for further analyses. All feathers were sampled during December. As in early studies of feathers (e.g., Cuthill et al. 1999, Langmore and Bennett 1999, Quesada and Senar 2006), we sampled feathers that were representative of the colour of the rest of the patch. The feathers of the abdominal red patch were selected for colour analyses following previous studies (see Masello and Quillfeldt 2003, 2004b, Masello et al. 2004) that revealed this patch as a conspicuous secondary sexual character signalling individual quality and parental investment. Likewise, the blue colouration of the wing feathers is very conspicuous in the Burrowing Parrot, particularly during flight. As in earlier studies (e.g., Mays et al. 2004, Moreno et al. 2007), just one representative feather of the colour was sampled in order to reduce disturbance to the birds: (1) the green-blue secondary coverts are the only feathers with blue colouration that can be easily collected without affecting flight capability, and (2) sampling of feathers of the abdominal red patch can affect the thermoregulation capability of the adult birds, which brood their nestlings overnight during the entire nestling period (Masello et al. 2006b). The secondary coverts are moulted after the end of the breeding season (January; Masello and Quillfeldt, pers. obs.). In contrast to the wing feathers, the red abdominal feathers are not moulted during the breeding season (Masello and Quillfeldt, pers. obs.), but according to aviculturists they are moulted following wing moult (C Doty and D Willis, pers. com.). Thus, all the feathers sampled for our study grew 9–11 months before sampling. Feathers may change their quality as the birds move in and out of the sandy burrows. We expect the effects of this abrasion to be homogeneous among sampled feathers, as all studied burrows belong to the same geological formation (Masello et al. 2006b) and thus, have

similar physical characteristics (e.g., sand of similar granule size, humidity).

Feather reflectance was measured at the Univ. of Bristol following earlier developed procedures at the School of Biological Sciences (e.g., Langmore and Bennett 1999, Pearn et al. 2001). The distal region of the red feathers of the abdominal patch of the Burrowing Parrot is red, while the medial region is increasingly yellow and the basal region is greyish, so four measurements were taken only in the exposed part of the centre of the red region (referred to throughout this paper as 'the red region'). The outer web of the green-blue fourth secondary coverts has a distal green region and a blue basal region (referred to throughout this paper as 'the green region' and 'the blue region'). Four measurements (each from a 2-mm diameter spot) were taken within the exposed part of each region. For each individual, the mean of the measure spectra was used in further analyses (see below). Avoiding the overlap of feather barbs, all feathers were carefully mounted on black velvet during measurement to eliminate stray reflections. Within feathers, regions were randomly allocated for spectrometric measurements over time, and feathers from each individual were allocated over time in a randomised block design (see Bennett et al. 1997). Feathers were illuminated from the proximal end, at 45° to the surface, using a Zeiss CLX 500 Xenon lamp. Reflected light was collected at 90° to the surface, using a Zeiss GK21 goniometer and the spectrum determined with a Zeiss MC 500 UV-VIS spectrometer. Reflectance was measured relative to a 99% Spectralon™ white standard, at a wavelength range of 300–700 nm. White references were taken between each region and between each bird, and the reflectance standard was crosschecked against a virgin standard prior to the study. Dark references were performed before each sample. We restricted spectral analyses to wavelengths from 300–700 nm, as most birds are sensitive to ultraviolet UVA wavelengths and 700 nm is likely the upper limit of the vertebrate visual spectrum (Jacobs 1981, Hill and McGraw 2006). Measurements were done blind to the gender of the individual.

Statistical procedures

Unrotated Principal Components Analyses (Sokal and Rohlf 1994) on reflectance spectral data at 2.43 nm intervals were performed separately for each feather region. Several authors

(e.g., Endler 1990, Bennett et al. 1997, Cuthill et al. 1999) recommended Principal Components Analyses of reflectance spectra as an objective way of describing variation in reflectance due to the fact that principal components are independent of the visual system of humans. The Principal Components Analyses extracts three principal components for each colour region and the corresponding scores for each individual, called hereafter PC1, PC2 and PC3. The first principal component is essentially flat and therefore describes variation in mean reflectance (also termed brightness or achromatic variation, sensu Endler 1990, Bennett et al. 1997, Cuthill et al. 1999). The first principal component by this definition explains most of the between-spectra variation (Endler 1990, Endler and Théry 1996, Bennett et al. 1997). As in other studies, the second and third principal components represent variation in spectral shape (i.e., chromatic variation) and are therefore indirectly related to hue and saturation (e.g., Endler and Théry 1996, Bennett et al. 1997, Cuthill et al. 1999).

Data were analysed using SPSS 11.0. Throughout the following analyses, we used only data obtained for the first time for each bird or each breeding pair. Sample sizes for different analyses and figures varied as not all feathers were available for all colour-measured birds. For some of the analyses *t*-values are given in addition to *F*-values in order to show the direction of the studied relationships. In order to control for multiple testing, *P*-values were considered significant only if they were lower than a Dunn-Šidák critical *P*-value, calculated following the procedure described in Sokal and Rohlf (1994). Used data corresponded to 74 males and 79 females in the blue and green regions, and 76 and 77 in the red region.

RESULTS

Figure 1 shows the mean reflectance curve for three feather regions of the Burrowing Parrot. Reflectance curves of all three regions revealed some reflection in the UV. The main variability was in the first principal component (PC1; achromatic variation) for all three colours (Table 1).

Multivariate Analyses of Variance of all adult birds considered together revealed slight (high Wilks's *l*) but highly significant sexual differences for all three plumage regions (Table 1). When the influence of the sampling year was taken into account in a General Lineal Model,

results showed that green and blue regions of male and female differed in brightness while the red region differed in spectral shape between the sexes (Table 1).

When only breeding pair members were considered, pair-wise *t*-tests also demonstrated sexual differences for all three plumage regions (Table 1). In particular, males had higher achromatic brightness in the green feathers than their female partners, denoted by higher PC1 (Table 1, Fig. 1A). In contrast, the blue feathers of females had higher brightness than their male partners, denoted by higher PC1 (Table 1, Fig. 1B). The PC2 of red feathers of males were higher than those of their female partners, while there were no differences in brightness between the sexes in a pair (Table 1, Fig. 1C).

DISCUSSION

In this study, using reflectance spectra of plumage regions, we analysed sexual dichromatism of both the structural and the psittacofulvin-based colours of wild Burrowing Parrot individuals. Although the Burrowing Parrot is not obviously dichromatic to humans (Masello et al. 2004), the present results showed slight but highly significant sexual differences in the coloration of the three plumage regions studied. While structure-based (blue) and structure-pigment-based (green) plumage regions differed in brightness, the psittacofulvin-based (red) region differed in spectral shape among the sexes. Within pairs, males had higher brightness in the green regions while females had higher brightness in the blue regions. Males of a pair had higher values of the second principal component (indirectly related to hue and saturation) in the red region, which is in accordance with previous results based only on the human-visible spectrum (Masello et al. 2004).

Plumage coloration has been found to play an important role in mate choice in many species (e.g., Bennett et al. 1997, Pearn et al. 2001, Hill

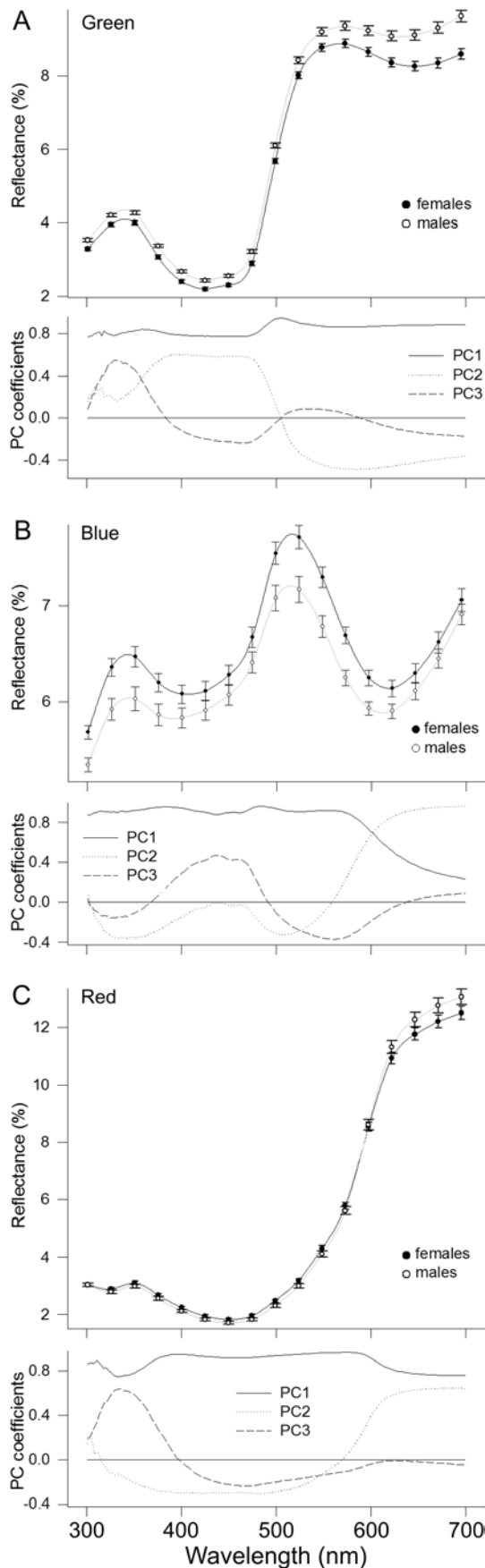


Figure 1. Mean reflectance curves of the (A) → green, (B) blue, and (C) red feather regions (see text) of wild female and male individuals of Burrowing Parrot (*Cyanoliseus patagonus*) of north-eastern Patagonia, Argentina, and values of principal component coefficients (PC1, PC2 and PC3) from a Principal Components Analysis on reflectance spectral data plotted against wavelength.

Table 1. Sexual dichromatism in a population of Burrowing Parrot (*Cyanoliseus patagonus*) of north-eastern Patagonia, Argentina. The proportion of variance explained by each principal component (PC1, PC2 and PC3) from a Principal Components Analysis on reflectance spectral data for three feather regions (green, blue, and red; see text) is indicated. PC1 represents achromatic brightness; PC2 and PC3 describe most of the chromatic variation (spectral shape). Also shown are the results of three tests for sex differences: a Multivariate Analysis of Variance based on Principal Components Analysis scores, a General Lineal Model Analysis with the scores as dependent variable and sex and year as factors, and a Pair-wise *t*-test between the principal components of members of a breeding pair.

Region	Variance explained	Multivariate Analysis of Variance		General Lineal Model Analysis		Pair-wise <i>t</i> -test ^a		Sex difference?
		Wilks's λ	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	
Green		0.876	<0.001 ^b					Achromatic
PC1	0.714			21.58	<0.001 ^b	-3.97	<0.001 ^b	
PC2	0.199			0.54	0.464	-1.36	0.178	
PC3	0.045			0.02	0.903	0.67	0.504	
Blue		0.905	0.002 ^b					Achromatic
PC1	0.664			16.23	<0.001 ^b	2.86	0.006 ^b	
PC2	0.257			<0.01	0.995	1.50	0.138	
PC3	0.061			4.17	0.043	-1.72	0.089	
Red		0.881	<0.001 ^b					Chromatic
PC1	0.775			0.50	0.830	0.83	0.407	
PC2	0.137			18.28	<0.001 ^b	-2.58	0.012 ^b	
PC3	0.063			0.29	0.865	-0.31	0.760	

^a Positive *t*-values denote higher values (more positive) in females than males.
^b Significant *P*-values with respect to the Dunn-Šidák critical (*P* = 0.017) used to control for multiple testing.

and McGraw 2006). Large plumage dichromatism is usually associated with polygamous species and high levels of extra-pair paternity (e.g., Møller and Birkhead 1994, Owens and Hartley 1998), while monogamous species should display less coloration differences among the genders. Consequently, variation in the extent of sexual dichromatism among bird species is traditionally attributed to differences in social mating system. Genetically monogamous species like the Burrowing Parrot in this study (see Masello et al. 2002) are expected to display, at most, little sexual dichromatism. This is in line with the findings here reported. In this context, our results suggest mutual mate choice in the Burrowing Parrot, which is consistent with the genetic monogamy found in the species. In many monogamous birds with intense biparental care, like the Burrowing Parrot (Masello and Quillfeldt 2003, 2004a, Masello et al. 2006b), the individual characteristics (e.g., plumage coloration) of a male partner of high quality are therefore likely to be similar to those of a female partner of high quality (Jones and Hunter 1999). Some previous findings in this

species (Masello and Quillfeldt 2003) provide support to our interpretation. The red abdominal patch of adult males positively correlated with male body condition and body mass suggesting that this ornament is a signal of male individual quality or foraging ability (Masello and Quillfeldt 2003). The Burrowing Parrot mated assortatively with respect to body condition and the size of the red abdominal patch (Masello and Quillfeldt 2003). That is, male parrots in good body condition and with large red ornamental patches will tend to mate with females in good body condition and with large ornamental patches (Masello and Quillfeldt 2003). Alternatively, the observed assortative mating could also be caused by genetic correlation, where the trait selected in males is also expressed in females because of gene coding. But nevertheless, additional support for our interpretation is provided by the observed condition-dependence of psittacofulvin- and structural-based coloration in the Burrowing Parrot (Masello et al. 2008). The sexual dichromatism here reported is also consistent with the slight dimorphism previously found (Masello

and Quillfeldt 2003) and with previous work on the plumage coloration of this species based on methods using human colour perception (Masello et al. 2004). Regarding other Psittaciformes, slight but consistent sexual dichromatism has been reported in another recent spectrometric analysis on the Turquoise-fronted Amazon (*Amazona aestiva*) (Santos et al. 2006).

An interesting result of our study is the higher brightness of females in blue plumage regions compared with their partners, opposite to the typically expected pattern. Brighter plumage in females is often related to sex role reversal (Andersson 1994; but see also Heinsohn et al. 2005), which is not the case in the Burrowing Parrot, a species with intensive biparental care (Masello et al. 2006b). Our results are, however, consistent if the observed higher brightness of the blue colour in females is the less favoured state; i.e., if an overall darker blue such as observed in males is perceived as more intense as suggested in our recent study on the condition dependence of the psittacofulvin- and structural coloration (Masello et al. 2008). On a mechanistic level, work by Shawkey et al. (2003) suggests that the nanostructure of the spongy layer of blue feathers of the Eastern Bluebird (*Sialia sialis*) correlates with parameters of spectral shape, but not with achromatic brightness. They suggest that differences in total brightness might be caused by morphological features outside the spongy layer, or by the number of melanin granules in the barbules of the feather that likely contribute to the brightness of the feather (Shawkey et al. 2003, Shawkey and Hill 2006). It remains to be determined what causes differences in achromatic brightness of the structural colours observed in the Burrowing Parrot, a species where a spongy ultrastructure is also present (Dyck 1977).

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank Andrew Bennett for training on colour measuring methods, for providing the spectrometer and the lab facilities to conduct the colour measurements at his lab at the Univ. of Bristol. We also wish to thank Ramón Conde, Adrián Pagnossin, María L. Pagnossin, Hans-Ulrich Peter, Roberto Ure, Mara Marchesan, Tina Sommer, Mauricio Failla and Gert Dahms for their help with the fieldwork, Kate Buchanan and Anne Peters for useful comments on the manuscript and financial support, Kaspar Delhey and Roger Mundry for useful comments on the statistical analyses. This project was partially supported by the City

Council of Viedma (Argentina), a grant of the state of Thuringia (Germany), a co-operation grant between the International Bureau of the BMBF of Germany (ARG 99/020) and the Argentinean SECyT (AL/A99-EXIII/003), a grant of the World Parrot Trust, several grants from the Liz Claiborne Art Ortenberg Foundation and the Wildlife Conservation Society and a grant of the British Ecological Society to JFM. We would like to thank Lisa Tell (University of California) and ZooGen Services for their assistance with the gender analysis of the 2003 blood samples. This study was carried out with permission of the Dirección de Fauna Silvestre de la Provincia de Río Negro, Argentina (Exp. no. 143089-DF-98).

LITERATURE CITED

- ANDERSSON M (1994) *Sexual selection*. Princeton University Press, Princeton
- ANDERSSON S, ÖRNBORG J AND ANDERSSON M (1998) Ultraviolet sexual dimorphism and assortative mating in blue tits. *Proceedings of the Royal Society of London B* 265:445–450
- BADYAEV AV AND HILL GE (2003) Avian sexual dichromatism in relation to phylogeny and ecology. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34:27–49
- BENNETT ATD, CUTHILL IC, PARTRIDGE JC AND LUNAU K (1997) Ultraviolet plumage colours predict mate preferences in starlings. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:8618–8621
- BLANK SM, KUTZSCHER C, MASELLO JF, PILGRIM RLC AND QUILLFELDT P (2007) Stick-tight fleas in the nostrils and below the tongue: evolution of an extraordinary infestation site in *Hectopsylla* (Siphonaptera: Pulicidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 149:117–137
- BURKHARDT D (1989) UV vision: a bird's eye view of feathers. *Journal of Comparative Physiology A* 164:787–796
- CABRERA AL (1971) Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14:1–42
- CUTHILL IC, BENNETT ATD, PARTRIDGE JC AND MAIER EJ (1999) Plumage reflectance and the objective assessment of avian sexual dichromatism. *American Naturalist* 153:183–200
- DOUCET SM AND MONTGOMERIE R (2003) Multiple sexual ornaments in satin bowerbirds: ultraviolet plumage and bowers signal different aspects of male quality. *Behavioral Ecology* 14:503–509
- DYCK J (1971a) Structure and spectral reflectance of green and blue feathers of the rose-faced lovebird (*Agapornis roseicollis*). *Biologische Skrifter* 18:1–67
- DYCK J (1971b) Structure and colour-production of the blue barbs of *Agapornis roseicollis* and *Cotinga maynana*. *Zeitschrift für Zellforschung* 115:17–29
- DYCK J (1977) Feather ultrastructure of Pesquet's Parrot *Psittichas fulgidus*. *Ibis* 119:364–366

- DYCK J (1992) Reflectance of plumage areas colored by green feather pigments. *Auk* 109:293–301
- EATON MD (2005) Human vision fails to distinguish widespread sexual dichromatism among sexually “monochromatic” birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102:10942–10946
- ENDLER JA (1990) On the measurement and classification of colour in studies of animal colour patterns. *Biological Journal of the Linnean Society* 41:315–352
- ENDLER JA AND THÉRY M (1996) Interacting effects of lek placement, display behavior, ambient light, and color patterns in three Neotropical forest-dwelling birds. *American Naturalist* 148:421–452
- FINGER E, BURKHARDT D AND DYCK J (1992) Avian plumage colors. Origin of UV reflection in a black parrot. *Naturwissenschaften* 79:187–188
- HEINSOHN R, LEGGE S AND ENDLER JA (2005) Extreme reversed sexual dichromatism in a bird without sex role reversal. *Science* 309:617–619
- HILL GE AND MCGRAW KJ (2006) *Bird coloration*. Harvard University Press, Cambridge and London
- JACOBS GH (1981) *Comparative color vision*. Academic Press, New York
- JONES IL AND HUNTER FM (1999) Experimental evidence for mutual inter- and intrasexual selection favouring a crested auklet ornament. *Animal Behaviour* 57:521–528
- KRUKENBERG CFW (1882) Die federfarbstoffe der psittaciden. *Vergleichend-physiologische Studien* 2:29–36
- LANGMORE NE AND BENNETT ATD (1999) Strategic concealment of sexual identity in an estrildid finch. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266:543–550
- LUBJUH T AND SAUER KP (1999) DNA fingerprinting and profiling in behavioural ecology. Pp. 39–52 in: EPPLEN JT AND LUBJUH T (eds) *DNA profiling and DNA fingerprinting*. Birkhäuser Verlag, Basel
- LUBJUH T, SRAMKOVA A, MASELLO JF, QUILLFELDT P AND EPPLEN JT (2002) Truly hypervariable DNA fingerprints due to exceptionally high mutation rates. *Electrophoresis* 23:517–519
- MAHLER BA AND KEMPENAEERS B (2002) Objective assessment of sexual plumage dichromatism in the Picui Dove. *Condor* 104:248–254
- MASELLO JF, CHOCONI RG, HELMER M, KREMBERG T, LUBJUH T AND QUILLFELDT P (2009) Do leucocytes reflect condition in nestling burrowing parrots (*Cyanoliseus patagonus*) in the wild? *Comparative Biochemistry and Physiology A* 152:176–181
- MASELLO JF, CHOCONI RG, SEHGAL RMN, TELL LA AND QUILLFELDT P (2006a) Blood and intestinal parasites in wild Psittaciformes: a case study of Burrowing Parrots (*Cyanoliseus patagonus*). *Ornitología Neotropical* 17:515–529
- MASELLO JF, LUBJUH T AND QUILLFELDT P (2008) Is the structural and psittacofulvin-based colouration of wild Burrowing Parrots *Cyanoliseus patagonus* condition dependent? *Journal of Avian Biology* 39:653–662
- MASELLO JF, PAGNOSSIN GA, PALLEIRO GE AND QUILLFELDT P (2001) Use of miniature security cameras to record behaviour of burrow-nesting birds. *Vogelwarte* 41:150–154
- MASELLO JF, PAGNOSSIN ML, LUBJUH T AND QUILLFELDT P (2004) Ornamental non-carotenoid red feathers of wild Burrowing Parrots. *Ecological Research* 19:421–432
- MASELLO JF, PAGNOSSIN ML, SOMMER C AND QUILLFELDT P (2006b) Population size, provisioning frequency, flock size and foraging range at the largest known colony of Psittaciformes: the Burrowing Parrots of the north-eastern Patagonian coastal cliffs. *Emu* 106:69–79
- MASELLO JF AND QUILLFELDT P (2002) Chick growth and breeding success of the Burrowing Parrot. *Condor* 104:574–586
- MASELLO JF AND QUILLFELDT P (2003) Body size, body condition and ornamental feathers of Burrowing Parrots: Variation between andears and sexes, assortative mating and influences on breeding success. *Emu* 103:149–161
- MASELLO JF AND QUILLFELDT P (2004a) Consequences of La Niña phase of ENSO for the survival and growth of nestling Burrowing Parrots on the Atlantic coast of South America. *Emu* 104:337–346
- MASELLO JF AND QUILLFELDT P (2004b) Are haematological parameters related to body condition, ornamentation and breeding success in wild burrowing parrots *Cyanoliseus patagonus*? *Journal of Avian Biology* 35:445–454
- MASELLO JF AND QUILLFELDT P (2008) Klimawandel und brutverhalten: erfolgreich brüten in wechselhafter umwelt? Eine fallstudie am felsensittich. *Vogelwarte* 46:302–303
- MASELLO JF, SRAMKOVA A, QUILLFELDT P, EPPLEN JT AND LUBJUH T (2002) Genetic monogamy in burrowing parrots *Cyanoliseus patagonus*? *Journal of Avian Biology* 33:99–103
- MAYS HL, MCGRAW KJ, RITCHISON G, COOPER S, RUSH V AND PARKER RS (2004) Sexual dichromatism in the andellow-breasted chat *Icteria virens*: spectrophotometric analysis and biochemical basis. *Journal of Avian Biology* 35:125–134
- MCGRAW KJ AND NOGARE MC (2004) Carotenoid pigments and the selectivity of psittacofulvin-based coloration systems in parrots. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 138:229–233
- MCGRAW KJ AND NOGARE MC (2005) Distribution of unique red feather pigments in parrots. *Biology Letters* 1:38–43
- MEY E, MASELLO JF AND QUILLFELDT P (2002) Chewing lice (Insecta, Phthiraptera) of the Burrowing Parrot *Cyanoliseus p. patagonus* (Vieillot) from Argentina. *Rudolstädter Naturhistorische Schriften, Supplement* 4:99–112
- MØLLER AP AND BIRKHEAD TR (1994) The evolution of plumage brightness in birds is related to extra-pair paternity. *Evolution* 48:1089–1100

- MORELLI R, LOSCALZO R, STRADI R, BERTELLI A AND FALCHI M (2003) Evaluation of the antioxidant activity of new carotenoid-like compounds by electron paramagnetic resonance. *Drugs under Experimental and Clinical Research* 29:95–100
- MORENO J, MERINO S, LOBATO E, RODRÍGUEZ-GIRONÉS MA AND VÁSQUEZ RA (2007) Sexual dimorphism and parental roles in the thorn-tailed rayadito (Furnariidae). *Condor* 109:312–320
- OWENS IPF AND HARTLEY IR (1998) Sexual dimorphism in birds: why are there so many different forms of dimorphism? *Proceedings of the Royal Society of London B* 265:397–407
- PEARN SM, BENNETT ATD AND CUTHILL IC (2001) Ultra-violet vision, fluorescence and mate choice in a parrot, the budgerigar *Melopsittacus undulatus*. *Proceedings of the Royal Society of London B* 268:2273–2279
- PEARN SM, BENNETT ATD AND CUTHILL IC (2003) The role of ultraviolet A-reflectance and ultraviolet A-induced fluorescence in the appearance of budgerigar plumage: insights from spectrofluorometry and reflectance spectrophotometry. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270:859–865
- PRUM RO AND TORRES R (2003) Structural colouration of avian skin: convergent evolution of coherently scattering dermal collagen arrays. *Journal of Experimental Biology* 206:2409–2429
- PRUM RO, TORRES R, WILLIAMSON S AND DYCK J (1999) Two-dimensional Fourier analysis of the spongy medullary keratin of structurally coloured feather barbs. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266:13–22
- QUESADA J AND SENAR JC (2006) Comparing plumage colour measurements obtained directly from live birds and from collected feathers: the case of the great tit *Parus major*. *Journal of Avian Biology* 37:609–616
- SANTOS SICO, ELWARD B AND LUMEIJ JT (2006) Sexual dichromatism in the Blue-fronted Amazon Parrot (*Amazona aestiva*) revealed by multiple-angle spectrometry. *Journal of Avian Medicine and Surgery* 20:8–14
- SHAWKEY MD, ESTES AM, SIEFFERMAN LM AND HILL GE (2003) Nanostructure predicts intraespecific variation in ultraviolet-blue plumage colour. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270:1455–1460
- SHAWKEY MD AND HILL GE (2005) Carotenoids need structural colours to shine. *Biology Letters* 1:121–124
- SHAWKEY MD AND HILL GE (2006) Significance of a basal melanin layer to production of non-iridescent structural plumage color: evidence from an amelanotic Steller's jay (*Cyanocitta stelleri*). *Journal of Experimental Biology* 209:1245–1250
- SOKAL RR AND ROHLF FJ (1994) *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. Third edition. Freeman and Company, New York
- STRADI R, PINI E AND CELENTANO G (2001) The chemical structure of the pigments in *Ara macao* plumage. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 130:57–63
- TUBARO PL, LIJTMAR DA AND LOUGHEED SC (2005) Cryptic dichromatism and seasonal color variation in the diademed tanager. *Condor* 107:648–656
- VERONELLI M, ZERBI G AND STRADI R (1995) In situ resonance raman spectra of carotenoids in birds' feathers. *Journal of Raman Spectroscopy* 26:683–692
- VÖLKER O (1936) Über den gelben federfarbstoff des Wellensittichs (*Melopsittacus undulatus* (Shaw)). *Journal für Ornithologie* 84:618–630
- VÖLKER O (1937) Über fluoreszierende, gelbe federpigment bei papageien, eine neue klasse von federfarbstoffen. *Journal für Ornithologie* 85:136–146
- VÖLKER O (1942) Die gelben und roten federfarbstoffe der papageien. *Biologisches Zentralblatt* 62:8–13



DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DE BUCEO DEL PATO DE TORRENTE (*Merganetta armata*) EN EL PARQUE NACIONAL NAHUEL HUAPI, ARGENTINA

GERARDO CERÓN^{1,2} Y ANA TREJO¹

¹ Depto. de Zoología, Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche. Quintral 1250, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina.

² gerard_gc@yahoo.com.ar

RESUMEN.— Describimos la técnica de buceo del Pato de Torrente (*Merganetta armata*) en sitios someros y profundos en dos ríos en el noroeste de la Patagonia, a través de 36 observaciones realizadas sobre 3 individuos. Discutimos la posibilidad de que esta técnica de buceo sea un comportamiento estereotipado. Relacionamos el comportamiento de alimentación con los hábitos de vida de las principales presas presentes en la zona.

PALABRAS CLAVE: *búsqueda de alimento, Merganetta armata, Pato de Torrente, técnica de buceo.*

ABSTRACT. DESCRIPTION OF THE DIVING TECHNIQUE OF THE TORRENT DUCK (*Merganetta armata*) IN THE NAHUEL HUAPI NATIONAL PARK, ARGENTINA— We describe the Torrent Duck's (*Merganetta armata*) diving technique from deep and shallow waters in two rivers of the north-western Patagonia, through 36 observations on 3 individuals. We discuss the possibility that this diving technique is a stereotyped behaviour. We relate the feeding behaviour to the habits of the main preys from the area.

KEY WORDS: *diving technique, food search, Merganetta armata, Torrent Duck.*

Recibido 1 diciembre 2008, aceptado 10 agosto 2009

El Pato de Torrente (*Merganetta armata*) es una especie poco conocida que se distribuye de manera discontinua desde Tierra del Fuego hasta Venezuela, siguiendo el cordón montañoso de los Andes (Carboneras 1992). Estas aves están asociadas exclusivamente a arroyos y ríos de montaña, donde se alimentan preferentemente de invertebrados acuáticos bentónicos, que obtienen sumergiéndose entre fuertes corrientes (Carboneras 1992, Naranjo y Ávila 2003, Cerón et al. 2010). Estos patos se caracterizan por formar parejas monógamas permanentes y por una marcada conducta territorial que mantienen durante todo el año (Moffett 1970). En esta nota describimos de manera detallada la técnica de buceo empleada en la actividad de alimentación de *Merganetta armata*. Las observaciones fueron realizadas en Cascada de los Alerces (41°22'S, 71°43'O) y en el río Villegas (41°35'S, 71°29'O), en dos territorios de Pato de Torrente ubicados en la cuenca del río Manso, Parque Nacional Nahuel Huapi, Río Negro, Argentina. Ambos ríos son torrentosos, de lecho rocoso, con presencia de rocas emergentes y

algunos sectores someros y otros profundos. Observamos repetidas inmersiones en tres oportunidades (dos en Cascada de los Alerces y una en Río Villegas). Estas observaciones fueron posibles debido a la combinación de tres factores: la transparencia del agua, la ausencia de nubosidad y la observación desde una posición elevada.

La primera descripción, correspondiente a buceos en sectores de aguas profundas, incluye 12 inmersiones realizadas por un macho en Cascada de los Alerces en febrero 2007, entre las 13:30 y las 14:00 h. El tiempo promedio de inmersión fue de 17.16 s. Se lo vio alimentarse a aproximadamente 3–4 m de profundidad, en un sector del río con corriente fuerte, cauce angosto, rocas grandes y plataforma rocosa; se alimentó tanto en los márgenes como en el centro del río. Desde una roca en la orilla se zambulló en contra de la corriente, en forma casi vertical, descendiendo rápidamente mediante poderosas y rápidas patadas, con las alas pegadas al cuerpo. Al llegar al fondo, se aplastó contra éste o se colocó detrás de las rocas o entre ellas, donde existen

zonas de reciclaje del agua que reducen la corriente, hecho que pudo notarse al ver que reducía fuertemente la frecuencia de pataleo, quedando el movimiento de las patas relegado a la función de estabilizar el cuerpo y ubicarlo paralelo a la corriente, reduciendo la superficie expuesta a ésta. Dio las patadas con una pata u otra por vez, dependiendo de la posición del cuerpo con respecto a la corriente, estabilizándose rápidamente. La forma de llegar desde la superficie a la zona de alimentación fue muy similar en todas las inmersiones. Siempre se alimentó en la parte de las rocas que se encontraba corriente abajo. Una vez que llegaba al fondo del río, hurgaba con el pico entre grietas, espacios entre rocas, espacios entre éstas y el lecho, o directamente sobre la plataforma rocosa. Sobre la plataforma, se alimentó en superficies horizontales, verticales u oblicuas, siempre aplastándose contra la superficie y moviendo el pico rápidamente de lado a lado sobre la plataforma, “raspando” (i.e., abriendo y cerrando el pico rápidamente) su superficie. Para desplazarse por el lecho en busca de alimento, lo hizo siempre de manera lateral o en contra de la corriente, nunca a favor. Al momento de emerger lo hizo de dos maneras distintas, alternando de forma irregular una u otra. En la primera, cuando regresó a la roca desde la cual partió, se acercó a ésta por debajo del agua dejándose llevar por la corriente y emergió junto a ella o muy cerca, para luego subirse, permanecer unos instantes (4–5 s) y sumergirse nuevamente. En la segunda, cuando no retornó a la roca, emergió de manera vertical y, luego de nadar unos instantes manteniendo la posición, se sumergió nuevamente. Luego de cuatro o cinco inmersiones consecutivas registró un sector total de aproximadamente 2 m², para luego cambiar a otro sector y repetir el procedimiento en un área similar.

La segunda descripción, correspondiente a buceos en sectores de someros, incluye datos provenientes de ocho inmersiones de una hembra y siete de un macho de Cascada de los Alerces observados en septiembre 2006 entre las 16:30 y las 17:30 h (con un tiempo promedio de inmersión de 9.15 s) y de nueve inmersiones de una hembra del río Villegas en agosto 2006, que promedió 11.13 s de inmersión. En todos los casos la estrategia fue similar. Desde una roca semi-sumergida se zambulleron en contra de la corriente y avanzaron 1–2 m hasta el punto donde buscaron alimento, lo recorrieron hurgando con el pico entre las rocas del fondo o

“raspando” los lados de éstas, luego se dejaron llevar por la corriente hasta volver al lugar inicial, donde emergieron e, indistintamente y de forma irregular, volvieron a la roca para sumergirse luego de unos momentos o lo hicieron luego de nadar unos instantes manteniendo la posición (en ambos casos no tardaron más de 5 s antes de sumergirse nuevamente). En cuatro o cinco inmersiones inspeccionaron un sector de aproximadamente 2 m² y luego cambiaron a otro sector, repitiendo el mismo procedimiento. El “raspado” de la cara posterior de las rocas (i.e., el lado de la roca aguas abajo de la corriente) fue observado en numerosas oportunidades aisladas y en otros ambientes.

Tanto en el buceo en sectores profundos como en los someros no pudo observarse si los eventos de búsqueda de alimento fueron exitosos o no, debido a la distancia de observación (superior a 40 m) y a que no se evidenció ningún gesto de deglución por parte de las aves.

En estos territorios, los taxa más consumidos por el Pato de Torrente son las larvas de las familias Simuliidae y Blephariceridae (Orden Diptera), de *Smicridea* spp. (Orden Trichoptera) y de la familia Gripopterygidae (Orden Plecoptera) (Cerón et al. 2010). Tanto las larvas de simúliidos como las del género *Smicridea* son filtradoras (Merritt y Cummins 1997, Fernández y Domínguez 2001), razón por la cual deben permanecer expuestas a la corriente para capturar partículas en suspensión (en especial en este tipo de ambientes oligotróficos). Para ello se fijan a la superficie expuesta de las rocas, siendo así más accesibles a la predación por parte del Pato de Torrente. Una situación similar ocurre con las larvas de Blephariceridae, que poseen discos ventrales adhesivos que les permiten fijarse sobre la superficie externa de la roca sin ser arrancados por la fuerza del agua y así buscar alimento (Merritt y Cummins 1997, Fernández y Domínguez 2001). Los hábitos de estas presas las hacen accesibles a la captura mediante la técnica de alimentación mencionada, en la cual los patos “raspan” con el pico la superficie de las rocas y las plataformas rocosas. En cambio, las larvas de Gripopterygidae no son filtradoras y se caracterizan por sus hábitos nocturnos y su desplazamiento activo, refugiándose durante el día en la parte inferior de las rocas o entre ellas (Lopretto y Tell 1995). Invertebrados con este hábito de vida son posiblemente los que buscan los patos al introducir el pico entre las rocas del lecho del río o debajo de éstas. Los

hábitos de vida de las presas también ayudan a comprender por qué la búsqueda de alimento siempre la realizan en contra de la corriente. En la zona posterior de las rocas la fuerza del agua es menor y allí se encontrarán posiblemente los invertebrados, es decir, en donde es menos probable que sean arrancados por la corriente. Además, avanzar en contra de la corriente permite a los patos una maniobrabilidad que no sería factible si se dejaran llevar por el agua (e.g., mantener una posición fija) y, al desprender las presas de la roca, la corriente puede favorecer su captura al llevarlas hacia el pico.

El buceo en aguas someras y el realizado en sectores profundos difirieron en el tiempo empleado para llegar a la zona de alimentación (al ser más profundo los patos debían nadar más tiempo para llegar al lecho del río). Si bien son necesarias más observaciones, se propone que estas aves poseen un comportamiento estereotipado, debido a que las inmersiones observadas mostraron una gran similitud tanto entre machos y hembras como entre individuos de diferentes territorios.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CARBONERAS C (1992) Family Anatidae (ducks, geese and swans). Pp. 536–628 en: DEL HOYO J, ELLIOTT A Y SARGATAL J (eds) *Handbook of the birds of the world. Volume 1. Ostrich to ducks*. Lynx Edicions, Barcelona
- CERÓN G, TREJO A Y KUN M (2010) Feeding habits of Torrent Ducks (*Merganetta armata armata*) in Nahuel Huapi National Park, Argentina. *Waterbirds* 33:228–235
- FERNÁNDEZ HR Y DOMÍNGUEZ E (2001) *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Ed. Universitaria de Tucumán, Tucumán
- LOPRETTO E Y TELL G (1995) *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Volumen 3*. Ediciones Sur, La Plata
- MERRITT RW Y CUMMINS KW (1997) *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendal/Hunt Publishers, Dubuque
- MOFFETT GM (1970) A study of nesting Torrent Ducks in the Andes. *Living Bird* 9:5–27
- NARANJO LG Y ÁVILA JV (2003) Distribución habitacional y dieta del Pato de Torrentes (*Merganetta armata*) en el Parque Regional Natural Ucumarí en la Cordillera Central de Colombia. *Ornitología Colombiana* 1:22–28



LIBROS



REVISIÓN DE LIBROS

Hornero 24(1):61–62, 2009

BIRDS OF THE WORLD

DEL HOYO J, ELLIOTT A AND CHRISTIE D (2007) *Handbook of the birds of the world. Volume 12. Picathartes to tits and chickadees*. Lynx Edicions, Barcelona. 816 pp. ISBN: 84-96553-42-6. Price: € 212 (hardback)

Volume 12 of the *Handbook of the birds of the world* is a beautifully illustrated volume summarizing up to date information on 15 passerine families, of which 1 is African (picathartes), 11 are Australo-Papuan, some extending into southeastern Asia and neighbouring islands (Australasian babblers, logrunners, jewel-babblers and allies, whistlers, Australasian robins, fairy-wrens, bristlebirds, thornbills, Australian chats, sittellas, and Australasian treecreepers), and 3 are more widespread (babblers from Asia, Africa and North America, parrotbills from Palearctic and Oriental regions, and tits and chickadees from Nearctic, Palearctic, Oriental and Afrotropical regions).

The volume opens with the foreword on the avian fossil record and origin of birds by KJ Caley. The author lays out the current view on avian origin, gives a brief overview of an early radiation of Cretaceous birds (Enantiornithes, or “opposite birds”, and other toothed birds), then focuses on Neornithes, or modern birds, giving a relatively extensive overview of the existing fossil record, the history of its discovery, and taxonomic placement of the fossil taxa. Extinct groups of birds and most significant fossil specimens are described systematically (by order), and, to the delight of non-paleontologist reader, scientific names are accompanied by sketched illustrations for some extinct birds. The emphasis on geographic distribution of fossil records and inferred ecology of representatives of different fossil genera provides a context for understanding contemporary biogeography of avian families. Many controversies around taxonomic placement of different fossil specimens are highlighted (sometimes the order for some fossils is reassigned), allowing

the reader to appreciate the complexity of the fossil data. This section sets up a rough time-frame for the origin and geographic distribution of extinct and contemporary orders of birds. A recent review on the origin of birds¹ and a genomic study² may clarify some of the unanswered questions in this section.

The main body of the book comprises family accounts, followed by beautiful colour plates illustrating the majority of currently recognized races for all species, and species accounts. There is much to learn about individual species from family accounts. Undoubtedly the fascinating collection of action photos of birds in their natural habitats, accompanied by descriptive texts explaining captured behaviour, is one of the major attractions of this volume (as of the whole book series). Each of the photo captions includes species’ English name in bold; scientific name, locality and author’s name are listed below each caption. The family accounts are divided into sections on main aspects of the birds’ biology. The section on systematics describes features shared by members of each family and all of its genera, and highlights controversial placement of some members (e.g., for babblers, Timallidae, the section acknowledges inclusion of some definite non-babblers and exclusion of some true babblers), calling for revisions after molecular work is finished and flagging the areas in need of further work. Some taxonomic treatments perhaps are too conservative (e.g., placement of some members of tit family, Paridae, has been challenged by Päckert and Martens³). The section on morphological aspects presents a variation in bird’s sizes, shapes of bill and wing, plumage of adults and juveniles and other features, focusing on group-specific adaptations to habitats. The habitat section summarizes various habitats the family encounters and then describes general types of habitats and species that share them, highlighting interesting facts (e.g., seasonal changes in

habitats, co-occurrence of species). Common behavioural traits for the family are followed by descriptions of territorial displays and social organization in the section on general habits. The voice section provides descriptions of singing behaviour and vocalization (now supplemented by growing open-access on-line audiovisual library⁴), touching on song function when it is known. The section on food and feeding comprises a synthesis of data on diet content, prey capture techniques and their seasonal changes, and provides quite a detailed description of various hunting strategies for various family members. The breeding section provides much detail on social systems, territoriality, presence of helpers at the nest and their role in rearing the young, courtship and nest-building behaviour, number of broods, nest shape, clutch size, incubation and growth of young. Seasonal mobility (such as altitudinal or latitudinal shifts) and post-breeding dispersal of young, known from ringing recoveries and other studies, are discussed in the movements section. The section on relationships with man includes such information as, e.g., birds' behaviour towards humans, their past and present attractiveness to native hunters, and birds' native names. Status and conservation section outlines the (usually depressing) population changes (due to human modification of birds' habitats, introduced mammalian predators and other causes); some successful conservation efforts are reported (e.g., remarkable recovery of the Black Robin, *Petroica traversi*, from the total population of five individuals). The last section of each family account is a general bibliography, which includes short references (authors' names and year) mentioned in the text and also some "suggested further reading". Whereas some revolutionary studies, such as recent molecular work are often referred to in the text, most sources of data and inferences remain anonymous. While making the text easy to read, this lack of direct references makes finding the sources of reported findings somewhat difficult. References to scientific descriptions and general list of over 4000 references are given in the end of the volume.

Species accounts follow the set of superb illustration of currently recognized races; they open with the list of common names (in English, French, German and Spanish), and comprise the following sections: taxonomy (briefly discusses taxonomic affinities of the species and, sometimes, controversies around them), subspecies and distribution (describes geographic distribution of currently recognized races and includes a map of species' range), descriptive notes (on bird's appearance and voice), habitat, food and feeding, breeding (where information is available, this section includes detailed summary of studies), movement (reports data from ringing recoveries where available), status and conservation (provides a brief description of threats) and bibliography.

Overall, this volume of the *Handbook of the birds of the world* represents an outstanding effort in integrating data on morphology, behaviour, biogeography and molecular work as well as in pinpointing the areas in need of further research. This book will be of a great interest to birders, naturalists and ornithologists.

¹ PADIAN K AND DE RICQLÈS A (2009) L'origine et l'évolution des oiseaux: 35 années de progrès / The origin and evolution of birds: 35 years of progress. *Comptes Rendus Palevol* 8:257–280

² HACKETT SJ, KIMBALL RT, REDDY S, BOWIE RCK, BRAUN EL, BRAUN MJ, CHOJNOWSKI JL, COX WA, HAN KL, HARSHMAN J, HUDDLESTON CJ, MARKS BD, MIGLIA KJ, MOORE WS, SHELDON FH, STEADMAN DW, WITT CC AND YURI T (2008) A phylogenomic study of birds reveals their evolutionary history. *Science* 320:1763–1768

³ PÄCKERT M AND MARTENS J (2008) Taxonomic pitfalls in tits —comments on the Paridae chapter of the *Handbook of the Birds of the World*. *Ibis* 150:829–831

⁴ LYNX EDICIONS (2009) *The Internet bird collection*. Lynx Edicions, Barcelona (URL: <http://ibc.lynxeds.com/>)

ALEXANDRA PAVLOVA

School of Biological Sciences and
Australian Centre for Biodiversity
Clayton campus, Monash University
Wellington Road, Clayton, VIC 3800, Australia
alexandra.pavlova@sci.monash.edu.au

LIBROS DE RECIENTE APARICIÓN

- ARLOTT N (2007) *Birds of the Palearctic: Passerines*. Harper Collins. 240 pp. £ 24.99 (tapa dura)
- CHRISTIDIS L & BOLES WE (2008) *Systematics and taxonomy of Australian birds*. CSIRO. 278 pp. £ 46 (rústica), £ 49 (d)
- DAVIS WE JR, RECHER HF, BOWLES WE & JACKSON JA (eds) (2008) *Contributions to the history of Australasian ornithology*. Nuttall Ornithological Club. 482 pp. US\$ 50 (d)
- DOWSETT RJ, ASPINWALL DR & DOWSETT-LEMAIRE F (2008) *The birds of Zambia*. Tauraco Press. 606 pp. US\$ 36 (r)
- GEERING A, AGNEW L & HARDING S (2007) *Shorebirds of Australia*. CSIRO. 242 pp. £ 38.50 (r)
- GIULIANO WM, SELPH JF JR & SCHAD BJ (2007) *Bobwhite Quail in Florida: ecology and management*. University of Florida. 108 pp. £ 31.50 (d)
- GRANT PR & GRANT BR (2008) *How and why species multiply*. Princeton University Press. 272 pp. US\$ 35 (r)
- HAMILTON RA, PATTEN MA & ERICSON RA (eds) (2007) *Rare birds of California*. Western Field Ornithologists. 596 pp. US\$ 59.99 (d)
- HARRAP S (2007) *RSPB pocket guide to British birds*. Christopher Helm. 192 pp. £ 4.74 (r)
- HILL GE (2007) *Ivorybill hunters. The search for proof in a flooded wilderness*. Oxford University Press. 260 pp. US\$ 24.95 (d)
- DEL HOYO J, ELLIOTT A Y CHRISTIE D (eds) (2008) *Handbook of the birds of the world. Volume 13. Penduline-tits to shrikes*. Lynx Edicions. 880 pp. € 212 (d)
- JAMIESON BGM (ed) (2007) *Reproductive biology and phylogeny of birds. Phylogeny, morphology, hormones and fertilization*. Science Publishers. 600 pp. £ 95 (d)
- JAMIESON BGM (ed) (2007) *Reproductive biology and phylogeny of birds. Sexual selection, behavior, conservation, embryology and genetics*. Science Publishers. 532 pp. £ 84 (d)
- KAISER GW (2007) *The inner bird: anatomy and evolution*. University of British Columbia Press. 386 pp. £ 52.50 (d)
- LI D & OUNSTED R (eds) (2007) *The status of coastal waterbirds in South-East Asia. Results of waterbirds surveys in Malaysia (2004-2006) and Thailand and Myanmar (2006)*. Wetlands International. 84 pp. £ 19.99 (r)
- LONG J & SCHOUTEN P (2008) *Feathered dinosaurs: the origin of birds*. Oxford University Press. 206 pp. US\$ 39.95 (d)
- LYNCH W (2007) *Owls of the United States and Canada. A complete guide to their biology and behavior*. Johns Hopkins University Press. 242 pp. US\$ 39.95 (d)
- PRICE T (2007) *Speciation in birds*. Roberts & Co. 470 pp. US\$ 59.95 (r)
- SHARPE C (ed) (2007) *Manx bird atlas. An atlas of breeding and wintering birds on the Isle of Man*. Liverpool University Press. 390 pp. £ 60 (d)
- SHRUBB M (2007) *The Lapwing*. T & AD Poyser. 232 pp. US\$ 84.30 (d)
- SNYDER NFR (2007) *An alternative hypothesis for the cause of the Ivory-billed Woodpecker's decline*. Western Foundation of Vertebrate Zoology. 58 pp. US\$ 25 (r)
- SPEAR LB, AINLEY DG & WALKER WA (2007) *Foraging dynamics of seabirds in the eastern tropical Pacific Ocean*. Cooper Ornithological Society. 100 pp. US\$ 15 (r)
- STUTCHBURY B (2007) *Silence of the songbirds*. Walker & Co. 256 pp. US\$ 24.95 (d)
- VARELA JM (2007) *Aves amenazadas de España*. Lynx Edicions. 272 pp. € 29.50 (r)
- WELLS DR (2007) *The birds of the Thai-Malay Peninsula. Volume 1. Non-passerines*. Christopher Helm. 648 pp. £ 80.75 (d)
- WELLS DR (2007) *The birds of the Thai-Malay Peninsula. Volume 2. Passerines*. Christopher Helm. 800 pp. £ 61.75 (d)
- WELLS JV (2007) *Birder's conservation handbook: 100 North American birds at risk*. Princeton University Press. 464 pp. US\$ 35 (r)
- WHEATLEY JJ (2007) *Birds of Surrey*. Surrey Bird Club. 696 pp. £ 40 (d)

