

DESCRIPCIÓN CARIOTÍPICA DE *SPHENISCUS MAGELLANICUS* (SPHENISCIDAE)

MARIO A. LEDESMA^{1,3}, T. R. O. FREITAS², J. DA SILVA², FERNANDA DA SILVA² Y R. J. GUNSKI¹

¹ Laboratorio de Citogenética de Aves, Departamento de Genética, FCEQyN, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 6° piso, 3300 Posadas, Misiones, Argentina.

² Departamento de Genética, Campus do Vale, UFRGS. Avda. Bento Gonçalves 9500, Predio 43323, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

³ mledesma@fceqyn.unam.edu.ar

RESUMEN.— En este trabajo se describe por primera vez el cariotipo y el patrón de bandas C de *Spheniscus magellanicus*. Se tomaron muestras de sangre periférica de tres hembras y cuatro machos en Imbé (Rio Grande do Sul, Brasil). Para la obtención de metafases mitóticas se utilizó la técnica de cultivos de linfocitos de larga duración. El número diploide fue determinado a partir del análisis de 30 metafases. El cariotipo de *Spheniscus magellanicus* posee $2n = 68$ cromosomas. Los pares 1^o, 2^o, 4^o, 5^o y 7^o son submetacéntricos, los pares 6^o y 10^o metacéntricos, los pares 3^o, 8^o y 9^o telocéntricos, y los restantes son cromosomas telocéntricos pequeños. Los cromosomas sexuales Z y W son submetacéntricos. Los estudios realizados a través de bandeado C demostraron que el cromosoma W es totalmente heterocromático, mientras que el cromosoma Z no presenta marcación positiva. En los macrocromosomas y en algunos microcromosomas pueden observarse marcaciones centroméricas. La única diferencia encontrada entre esta especie y las previamente analizadas *Spheniscus demersus* y *Spheniscus humboldti*, radica en el número diploide 72 y 78 de éstas últimas, respectivamente. Estas diferencias están dadas exclusivamente al nivel de los microcromosomas, lo que indica la elevada homogeneidad que existe en el número cromosómico y en la morfología cromosómica de este grupo de aves.

PALABRAS CLAVE: *bandas C, cariotipo, macrocromosomas, microcromosomas, Spheniscus.*

ABSTRACT. KARYOTYPICAL DESCRIPTION OF *SPHENISCUS MAGELLANICUS* (SPHENISCIDAE).— The karyotype and the C-band pattern of *Spheniscus magellanicus* are described here for the first time. Peripheral blood samples from three females and four males were taken in Imbé (Rio Grande do Sul, Brazil). Long-time cultures of leukocytes were made in order to obtain mitotic metaphases. The diploid number was determined from the analysis of 30 metaphases. The karyotype of *Spheniscus magellanicus* presents 68 chromosomes. Pairs 1, 2, 4, 5 and 7 are submetacentric, pairs 6 and 10 are metacentric, pairs 3, 8 and 9 are telocentric, and the remaining ones are small telocentric chromosomes. The sex chromosomes Z and W are submetacentric. The study carried out with C bands demonstrated that the W chromosome is totally heterochromatic, while the Z chromosome does not present positive marks. Centromeric marks can be observed in the macrochromosomes and in some microchromosomes. The only observed difference found among this species and the previously analyzed *Spheniscus demersus* and *Spheniscus humboldti*, resides in the diploid number 72 and 78 of those species, respectively. These differences are observed exclusively at the level of microchromosomes, indicating a high homogeneity in the diploid number and chromosome morphology of this group.

KEY WORDS: *C bands, karyotype, macrochromosomes, microchromosomes, Spheniscus.*

Recibido 8 abril 2003, aceptado 26 julio 2003

Los pingüinos son aves pertenecientes al orden Sphenisciformes, el cual está constituido por 17 especies cuya distribución está restringida exclusivamente al Hemisferio Sur, desde la Antártida hasta el ecuador, región en la que constituyen más del 90% de la biomasa de la avifauna presente (Sick 1985). El origen evolutivo de los pingüinos no se conoce con pre-

cisión, pero diversos estudios sugieren que se originaron a partir de un antepasado volador perteneciente al orden Procellariiformes. Un gran número de fósiles encontrados en Australia, Nueva Zelanda y América del Sur demuestra que sus antepasados eran mucho más diversos y de mayor tamaño que las formas actuales (Meléndez 1986).

Spheniscus magellanicus mide 44 cm y pesa hasta 4.5 kg. El adulto presenta cola corta, el dorso es de color negro y el pecho, de color blanco, está atravesado por líneas negras en los flancos, característica que no aparece en el juvenil (Narosky e Yzurieta 1987). Durante el invierno, *Spheniscus magellanicus* realiza migraciones hacia las costas del litoral Atlántico en Brasil, utilizando para este propósito la Corriente de Malvinas, de aguas frías. Durante sus migraciones se apartan mucho del continente (60–100 km), donde existe mayor abundancia de alimento, principalmente sardinas. Sin embargo, existe una elevada mortandad de individuos, principalmente juveniles, debida a enfermedades en las vías respiratorias, micosis, desnutrición, entre otras. En esos ca-

sos, el mar lanza centenares de individuos muertos a las costas de Santa Catarina y Rio Grande do Sul (Sick 1985).

El análisis citogenético (i.e., la determinación de las características cromosómicas que presentan las aves) ha contribuido a establecer las relaciones taxonómicas y evolutivas entre los distintos grupos, es de gran utilidad al momento de entender el papel que han jugado los rearrreglos cromosómicos en la especiación, para demostrar las relaciones que existen entre las alteraciones cromosómicas y las variaciones del fenotipo, y ha permitido analizar el mecanismo de determinación del sexo y el proceso de diferenciación de los cromosomas sexuales. En aspectos aplicados, los estudios citogenéticos permiten auxiliar en la identifi-

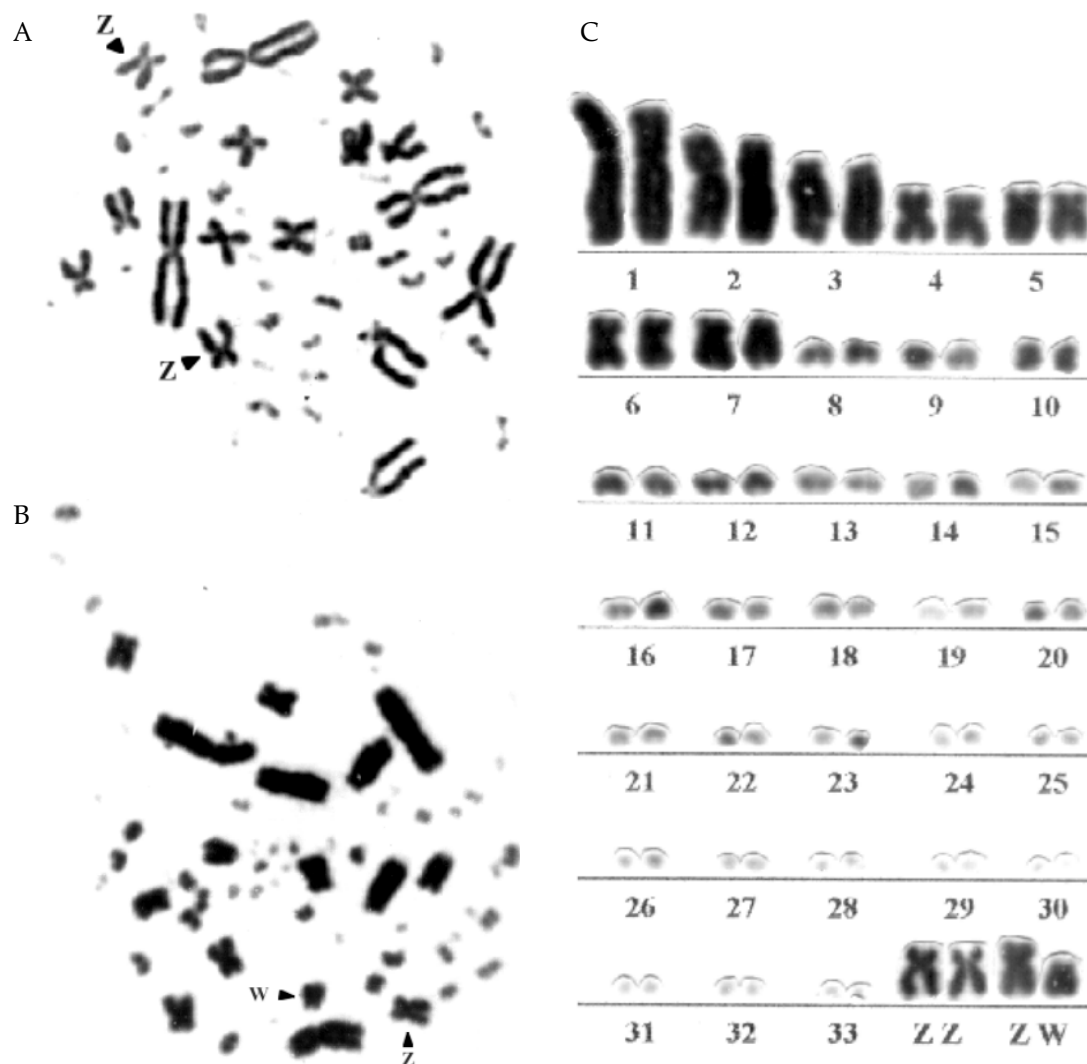


Figura 1. Metafasas de macho (A), hembra (B) y cariotipo completo (C) de *Spheniscus magellanicus*. Las flechas indican los cromosomas sexuales (Z y W).

cación y caracterización de las especies consideradas crípticas, ayudando cuando existen dudas acerca de la inclusión de una especie en un determinado taxón (De Lucca y Rocha 1992).

El objetivo del presente trabajo es determinar el cariotipo de *Spheniscus magellanicus* por medio de técnicas de coloración convencional con Giemsa y diferencial a través de bandeo C.

MÉTODOS

A partir de la técnica de cultivo de larga duración de linfocitos de sangre periférica (Moorhead et al. 1960) con modificaciones (Gunki 1992), se analizaron muestras pertenecientes a cuatro machos y tres hembras de *Spheniscus magellanicus*. Las muestras fueron tomadas en el Centro de Estudios Costeros, Limnológicos y Marinos (CECLIMAR) de Imbé (Rio Grande do Sul, Brasil). Para la obtención del número modal se analizaron 30 metafases por individuo, de las cuales las mejores fueron fotografiadas. La técnica de bandeo C se realizó de acuerdo a Sumner (1972) con modificaciones (Ledesma et al. 2002). Los cromosomas fueron ordenados según la nomenclatura propuesta por Levan et al. (1964).

RESULTADOS

El número diploide encontrado en *Spheniscus magellanicus* fue de 68 cromosomas (Fig. 1), de los cuales los pares 1º, 2º, 4º, 5º y 7º son submetacéntricos, los pares 6º y 10º son metacéntricos, los pares 3º, 8º y 9º son telocéntricos, y los restantes son pequeños cromosomas telocéntricos. El cromosoma sexual Z es submetacéntrico y se corresponde, en tamaño, a los pares 3º y 4º, mientras que el cromosoma W es submetacéntrico y se corresponde a los pares autosómicos 8º y 9º.

Si bien no fue posible realizar un análisis secuencial Giemsa-bandas C de la misma célula en metafase, se obtuvieron fotografías de preparaciones metafásicas tratadas directamente con este tipo de coloración diferencial, en las cuales se observó que el cromosoma W es completamente heterocromático, mientras que el cromosoma Z no presentó marcación. Entre los macrocromosomas y en la mayoría de los microcromosomas se observaron bloques de heterocromatina constitutiva en la región centromérica (Fig. 2).

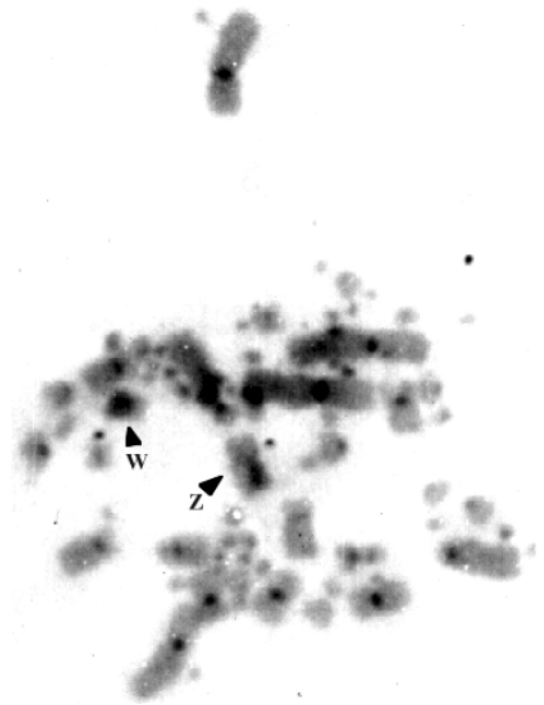


Figura 2. Metafase de *Spheniscus magellanicus* tratada con coloración diferencial por bandeo C. Las flechas indican los cromosomas sexuales (Z y W).

DISCUSIÓN

De las cuatro especies del género *Spheniscus* conocidas, tres han sido estudiadas cariotípicamente. *Spheniscus demersus* presentó $2n = 72$ cromosomas (Jensen 1973), mientras que *Spheniscus humboldti* presentó $2n = 78$ (Takagi y Sasaki 1974). Con los datos presentados en el presente trabajo, se puede establecer que la principal diferencia encontrada entre estas especies está dada en el número cromosómico, y restringida únicamente a los microcromosomas. Las diferencias morfológicas entre los macrocromosomas de las tres especies son escasas, pudiéndose observar que en *Spheniscus demersus* existen varios pares de cromosomas metacéntricos (2º, 4º, 5º, 6º y 7º), mientras que entre *Spheniscus humboldti* y *Spheniscus magellanicus* no existen diferencias. En lo que respecta a los cromosomas sexuales, la única diferencia se observa en el cromosoma Z metacéntrico de *Spheniscus demersus*, porque en las otras dos especies es submetacéntrico. El cromosoma W es submetacéntrico y su tamaño se mantiene entre los pares autosómicos 8º y 9º en las tres especies.

Recientemente, a partir del trabajo conjunto desarrollado por el Grupo Aves del Instituto Antártico Argentino y el Proyecto de Citogenética de Aves de la Universidad Nacional de Misiones, se han realizado muestreos sistemáticos que permitieron caracterizar diferentes especies de aves antárticas, entre otras las pertenecientes a los géneros *Pygoscelis* y *Aptenodytes*. Delgado Cañedo (1999) realizó la descripción cariotípica de las tres especies del género *Pygoscelis*, observando que existe una elevada homología tanto numérica como morfológica: *Pygoscelis antarctica* presentó $2n = 92$, *Pygoscelis papua* $2n = 94$ y *Pygoscelis adeliae* $2n = 95$ en las hembras y $2n = 96$ en los machos. Para el género *Aptenodytes*, RJ Gunski (com. pers.) observó ligeras diferencias en la morfología cromosómica de *Aptenodytes patagonica* ($2n = 72$) y *Aptenodytes forsteri* ($2n = 72$).

En las especies de pingüinos analizadas citogenéticamente, las diferencias cromosómicas al nivel de los macrocromosomas se observan en la posición centromérica, la cual determina que cromosomas metacéntricos en algunas especies se observen como submetacéntricos en otras y viceversa, probablemente como consecuencia de inversiones pericéntricas desiguales.

El elevado número diploide de las especies del género *Pygoscelis*, mayor que el estándar para la clase Aves ($2n = 80$; Tegelström et al. 1983), no puede ser explicado a luz de los datos existentes hasta el momento para este grupo, ya que menos de la mitad de las especies del orden han sido analizadas citogenéticamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de la técnica de bandeo C para *Spheniscus magellanicus*, se puede observar que existe una elevada cantidad de heterocromatina en el cromosoma W y en las regiones centroméricas de los cromosomas autosómicos, característica compartida con las especies del género *Pygoscelis*. No se cuenta con datos de análisis por bandeo C en las otras especies de los gé-

neros *Spheniscus* ni *Aptenodytes* que posibiliten una comparación más detallada. La realización de estudios que incluyan a las especies del género *Eudyptes* sería de gran importancia a fin de verificar o no la elevada homogeneidad cromosómica observada hasta el momento en este grupo de aves.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- DELGADO CAÑEDO A (1999) *Análisis cariotípico del género Pygoscelis (Spheniscidae: Aves)*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Misiones, Posadas
- DE LUCCA EJ Y ROCHA GT (1992) Citogenética de aves. *Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi, Sér. Zool.* 8:33–68
- GUNSKI RJ (1992) *Análise citogenética da espécie Rhea americana Ema (Aves: Rheidae)*. Tesis de Maestría, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal
- JENSEN RAC (1973) Karyotypes of the ostrich and the jackass penguin. *Genetics* 74:127–128
- LEDESMA MA, GARNERO A DEL V Y GUNSKI RJ (2002) Análise do cariótipo de duas espécies da família Formicariidae (Aves: Passeriformes). *Ararajuba* 10:15–19
- LEVAN A, FREDGA K Y SANDBERG A (1964) Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52:201–220
- MELÉNDEZ E (1986) *Paleontología. Tomo 2 (Vertebrados)*. Paraninfo, Madrid
- MOORHEAD RS, HOWELL PC, MELLMAN WJ, BATTIPS DM Y HUNDGERFORD DA (1960) Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood. *Experimental and Cellular Research* 20:613–616
- NAROSKY T E YZURIETA D (1987) *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires
- SICK H (1985) *Ornitología brasileira. Uma introdução*. Editora Universidade de Brasília, Brasília
- SUMNER AT (1972) A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Experimental Cell Research* 75:304–306
- TAKAGI N Y SASAKI M (1974) A phylogenetic study of bird karyotypes. *Chromosoma* 46:91–120
- TEGELSTRÖM H, EBENHARD T Y RYTTMAN H (1983) Rate of karyotype evolution and speciation in birds. *Hereditas* 98:235–239