



## EFFECTOS DE LA VARIACIÓN HIDROLÓGICA SOBRE LA DINÁMICA POBLACIONAL DEL FLAMENCO AUSTRAL (*PHOENICOPTERUS CHILENSIS*) EN EL SITIO RAMSAR LAGUNA DE LLANCANELO, MENDOZA, ARGENTINA

Leandro M. Alvarez<sup>1,2</sup> · Pablo A. Meglioli<sup>2</sup> · Juan A. Rivera<sup>2</sup> · Lucas O. Bianchi<sup>2</sup> · Sebastián Martín<sup>3</sup> · Heber Sosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Asociación para la Conservación de la Diversidad Biológica Argentina (BIOTA), Bosques Telteca 2237, Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina, CP 5509.

<sup>2</sup> Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CCT-CONICET, Mendoza, Argentina, CP 5500.

<sup>3</sup> Grupo de Conservación de Flamencos Altoandinos (GCFA).

E-mail: Leandro M. Alvarez · lalvarez@mendoza-conicet.gob.ar

**Resumen** · Los humedales conforman hábitats donde el agua cumple un rol fundamental en la estructura de los ecosistemas y en la dinámica de las poblaciones. En el sur de Mendoza (Argentina), la Laguna de Llanquanelo constituye un sitio Ramsar de importancia a nivel continental que alberga una gran diversidad de aves, destacándose por su abundancia el Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*). El monitoreo de especies, en el largo plazo, y su vinculación con la variabilidad hidrológica en los humedales resulta esencial para desarrollar mejores estrategias de protección y manejo de la fauna y su entorno. En este trabajo se evalúa la relación entre la abundancia y nidificación del Flamenco Austral con las variaciones en el tamaño de la Laguna de Llanquanelo, definido como la superficie del espejo de agua. El tamaño de la laguna se estimó a partir de un índice aplicado a imágenes Landsat, el MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) desde 1987 a 2016. La información disponible, mediante censos, permitió realizar un análisis de 30 años de datos de abundancia y eventos de cría de Flamencos Australes. Los resultados muestran que la abundancia de flamencos y la superficie del espejo de agua tuvieron una relación positiva y lineal hasta los 80 km<sup>2</sup>. A partir de este tamaño lagunar, se encontró un punto de quiebre, a partir del cual al aumentar el área del humedal, el número de individuos disminuye significativamente. Por su parte, las colonias de cría se establecen cuando hay mayor abundancia de individuos. El monitoreo a largo plazo puede complementar el manejo de los recursos hídricos del tramo superior de la cuenca y la conservación del Flamenco Austral en la Laguna de Llanquanelo.

**Abstract** · Effects of hydrological variation on the population dynamics of Chilean Flamingo (*Phoenicopterus chilensis*) at the Ramsar site Llanquanelo lagoon, Mendoza, Argentina

Wetlands are habitats where water plays a fundamental role in the structuring of ecosystems and population dynamics. In the south of Mendoza (Argentina), the Llanquanelo lagoon constitutes a Ramsar site of continental importance and hosts a great diversity of birds, the Chilean Flamingo (*Phoenicopterus chilensis*) being particularly abundant. The monitoring of species, in the long term, and its link with the hydrological variability in wetlands is essential to develop strategies for the protection and management of wildlife and its environment. Here we evaluated the relationship between abundance and breeding of the Chilean Flamingo with the variations of Llanquanelo lagoon size, defined as the surface covered by water. The size of the lagoon was estimated from an index applied to Landsat images, the MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), from 1987 to 2016. The available information allowed a 30-year analysis of data on the abundance of flamingos and breeding events. The results show that breeding colonies are established when there are large concentrations of individuals. The abundance of flamingos and the water surface area have a positive and linear relationship up to a lake size of 80 km<sup>2</sup>. Beyond this threshold, if the area of the wetland increases, the number of individuals decreases significantly. Long-term monitoring can complement the management of water resources in the upper reaches of the basin and the conservation of Chilean Flamingos in the Llanquanelo lagoon.

**Key words:** Argentina · Chilean Flamingo · Habitat measuring · Population dynamics · Remote Sensing

### INTRODUCCIÓN

El hábitat comprende un conjunto de condiciones físicas que regulan la supervivencia y reproducción de una especie (Block & Brennan 1993, Hall et al. 1997). Los cambios de estas condiciones pueden influenciar, temporal y espacialmente, la dinámica poblacional de un organismo determinado (Morris 2003). Uno de los principios básicos de la ecología es que los organismos requieren espacio y el concepto de hábitat es clave para el manejo de fauna y su protección (Morris et al. 2008).

Los humedales representan un tipo de hábitat de especial interés para la avifauna y se definen en función del agua como factor estructural del ecosistema (Blanco 1999). Por otro lado, la conservación de la avifauna silvestre requiere la comprensión

Receipt 10 November 2017 · First decision 30 July 2018 · Acceptance 23 October 2018 · Online publication 24 October 2018

Communicated by Ignacio Roesler © Neotropical Ornithological Society

de los requerimientos ambientales (Johnson 2007). En este sentido, la presencia y abundancia de aves en los humedales se relaciona fundamentalmente con el régimen hidrológico, la disponibilidad de alimento, la heterogeneidad y el tamaño de los sitios (Blanco 1999, González Achem et al. 2014). Estos ambientes acuáticos experimentan variaciones de tamaño y profundidad por lo cual las aves desarrollan sus ciclos vitales en períodos de expansión y retracción lacustre asociados a la hidrometeorología regional. Los flamencos sudamericanos ocupan lagunas someras y salinas sujetas a variaciones naturales en la superficie, la profundidad y la salinidad, lo cual afecta la disponibilidad de hábitat, la oferta de alimento y el éxito reproductivo (Caziani & Derlindati 2000, Boyle et al. 2004). En un contexto global de cambio ambiental es necesario el desarrollo de predicciones integrales acerca de cómo afectará esta variabilidad la distribución y la abundancia de las especies (Ehrlén & Morris 2015).

En Argentina son escasos los antecedentes que analizan la influencia de las condiciones hidrometeorológicas sobre la dinámica poblacional y el comportamiento de los flamencos. Estudios realizados en la Laguna de Pozuelos (Provincia de Jujuy) y la Laguna Melincué (Provincia de Santa Fe) evaluaron la influencia de las fluctuaciones en la superficie del espejo de agua sobre la composición de la avifauna (Rodríguez 2012) e identificaron patrones de comportamiento de dos especies de flamencos durante la temporada invernal (Barison et al. 2014). Las variaciones extremas en las condiciones ambientales son comunes en lagunas salinas, por lo cual el monitoreo a largo plazo en estos escenarios dinámicos provee una excelente oportunidad para evaluar el efecto de estos cambios sobre las poblaciones de aves acuáticas (Romano et al. 2005).

En el sitio Ramsar Laguna de Llanquanelo, en la Provincia de Mendoza, Argentina, se ha postulado que la variabilidad hidrológica del humedal regula la dinámica poblacional y los eventos de cría del Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*) (Sosa 1999). En el presente trabajo se pone a prueba esta hipótesis mediante la medición del hábitat con técnicas de teledetección y su relación con la abundancia y nidificación de la especie durante un período de 30 años. La cuantificación del hábitat se realiza en base al área del espejo de agua de la laguna, variable que integra factores relacionados con la hidrología regional (Bianchi et al. 2017). El objeto de esta contribución es explorar la relación de la abundancia del Flamenco Austral con las fluctuaciones de la superficie lacustre y los registros de nidificación. En base a estas relaciones, generar lineamientos para la conservación de la especie y el manejo integrado de los recursos hídricos en la cuenca de la Laguna de Llanquanelo.

## MÉTODOS

**Área de estudio.** La laguna de Llanquanelo se sitúa en el sur de Mendoza, en el centro-oeste de Argentina, entre los 35°30'–36°S y 69°–69°15'O (Figura 1). Es uno de los humedales más importantes de Sudamérica (Bianchi et al. 2017), con una superficie promedio de 171,6 km<sup>2</sup>. Su origen físico y naturaleza endorreica se relacionan con el vulcanismo de Payunia, siendo el cuerpo hídrico de mayor relevancia de la cuenca del río Malargüe (Llambías 2009). Desde una perspectiva hidroclimatológica, durante el semestre cálido se registran los mayores caudales del río Malargüe como consecuencia

del derretimiento nival y de los aportes relacionados con la estación lluviosa en la región (Bianchi et al. 2017), los cuales repercuten sobre la superficie lacustre. El humedal se caracteriza por condiciones salinas y aguas someras, con una profundidad media de 30 cm, y por variaciones en la superficie del espejo de agua.

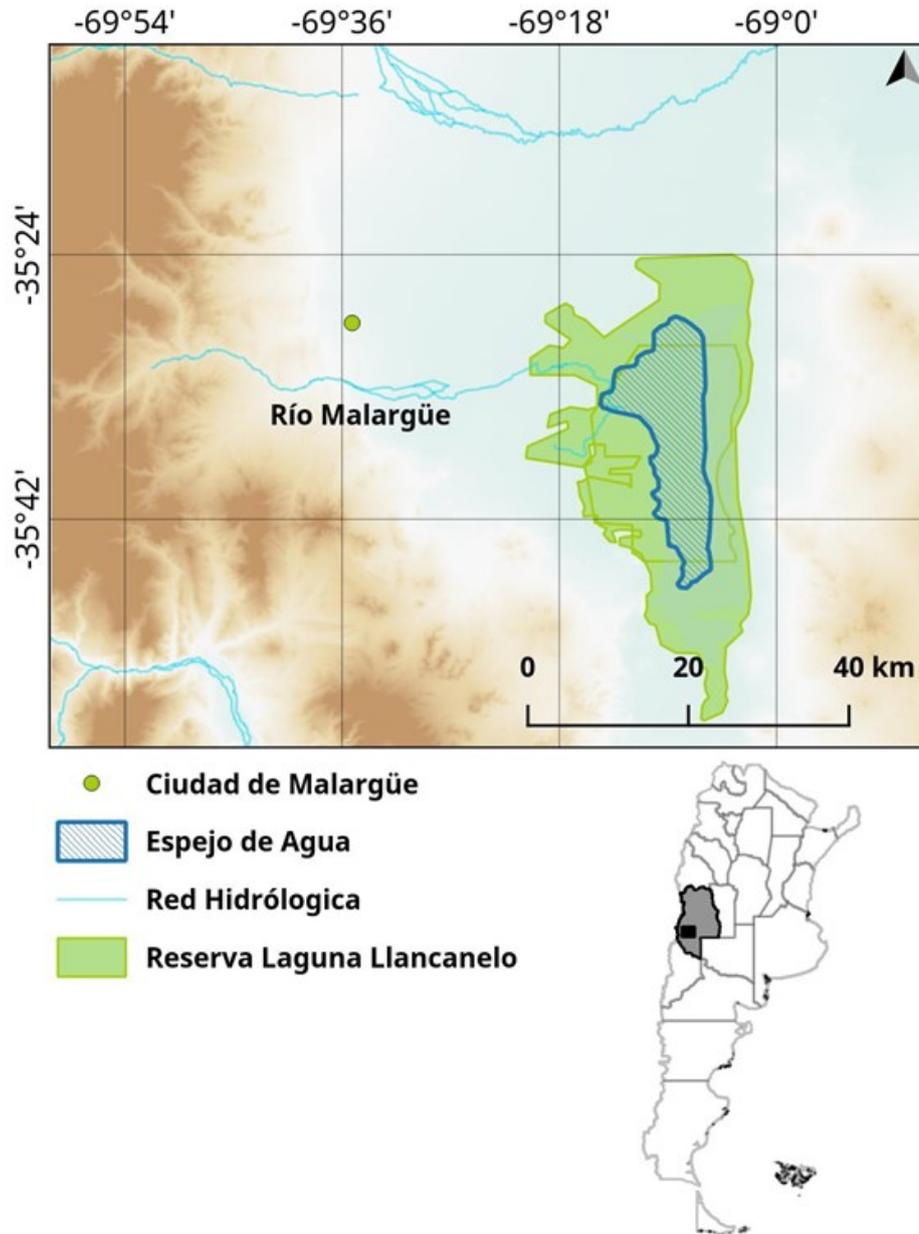
En el humedal y sus alrededores crece vegetación de tipo higrófila, halófila y psamófila, perteneciente a la región volcánica de Payunia, que está fuertemente condicionada por las fluctuaciones del agua superficial y freática (Méndez 2005). Este mosaico ambiental sostiene una gran diversidad de aves acuáticas (Sosa 1995), con registros estivales de más de 55.000 ejemplares de Flamenco Austral, con colonias de cría de hasta 14.000 parejas (Sosa & Martín 2012). Por estas razones la laguna y sus zonas adyacentes fueron declaradas Reserva Natural de Fauna Laguna de Llanquanelo en 1980, mediante el decreto Provincial N°009/80, e incluidas en la lista de sitios de importancia internacional de la convención de Ramsar desde 1995. En el 2007 se realizó una ampliación del área protegida (45.000 ha) definiendo sus límites volumétricos, con el objeto de asegurar la protección tanto del espacio aéreo como subterráneo debido al desarrollo regional y local de actividades de extracción de hidrocarburos (Sosa 2008).

**Medición del tamaño del espejo de agua.** Para este estudio se utilizaron los datos obtenidos por Bianchi et al. (2017), quienes estimaron el tamaño del espejo de agua de la Laguna de Llanquanelo a través de imágenes satelitales Landsat entre los años 1984–2013. Los valores mensuales entre los años 2014 y 2016 se calcularon siguiendo la misma metodología de teledetección. Desde el sitio web del United States Geological Survey (USGS) se descargaron 41 imágenes Landsat 8 OLI/TIRS (30 m de resolución espacial). Con cada escena se obtuvo el Índice de Agua de Diferencia Normalizada Modificado (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI) (Xu 2006), a partir del siguiente cálculo:

$$\text{MNDWI} = (V - \text{SWIR1}) / (V + \text{SWIR1}),$$

donde V corresponde a la banda verde y SWIR1 corresponde a la banda del Infrarrojo de Onda corta 1, bandas 3 y 6 de Landsat 8 OLI/TIRS respectivamente. Los píxeles con valor de MNDWI mayor o igual a 0,35 fueron clasificados como 'agua' (Bianchi et al. 2017). Para relacionar la superficie del espejo de agua con la abundancia de Flamenco Austral, se utilizó el tamaño promedio de la laguna de los meses estivales (octubre–marzo). Este período coincide con el ciclo reproductivo de esta especie, incluyendo desde las marchas nupciales hasta la construcción de nidos en las colonias de cría (Sosa 1999). Esta situación coincide con los mayores aportes del río Malargüe y la temporada de lluvias (Bianchi et al. 2017).

**Estimación de la abundancia del Flamenco Austral.** Los registros de abundancia de Flamencos Australes y el conteo de nidos para cada evento reproductivo durante el periodo 1987–2012 fueron obtenidos a partir de los trabajos de Sosa (1999) y Sosa & Martín (2012). Los registros durante los años 2013–2016 se complementaron para el presente estudio, siguiendo los métodos descritos en estos trabajos, los cuales son detallados en Caziani et al. (2007). Los censos se efec-



**Figura 1.** Ubicación relativa del sitio Ramsar Laguna de Llanquanelo en la Provincia de Mendoza, Argentina.

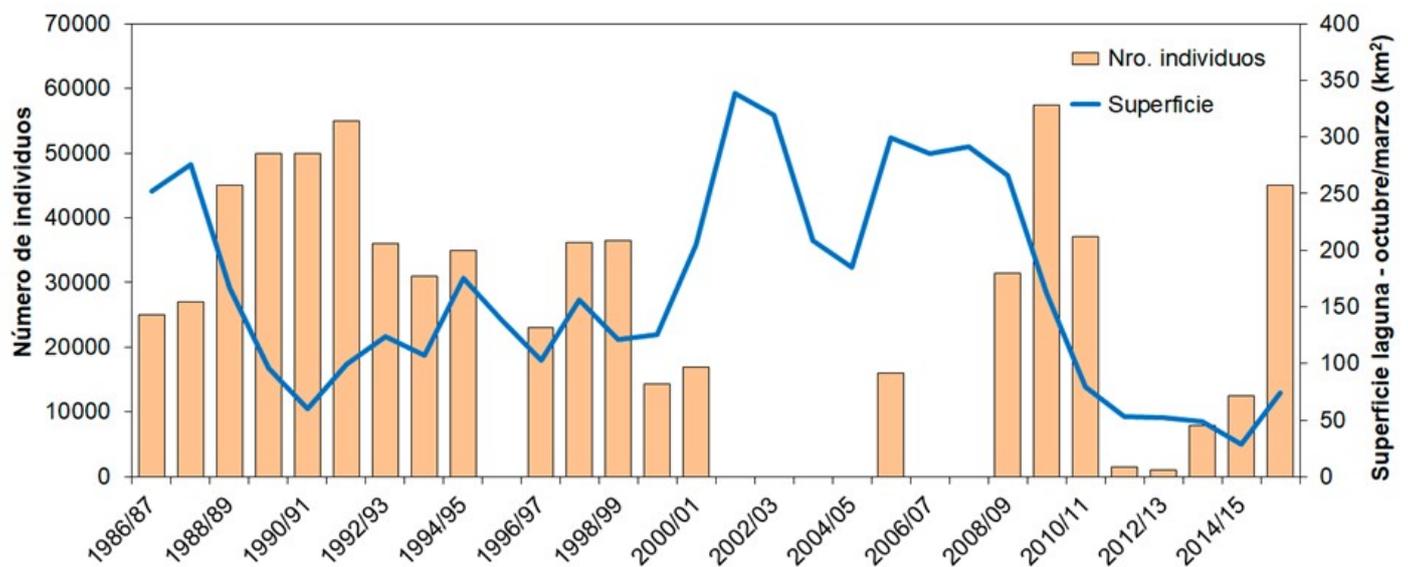
tuaron desde puntos fijos, utilizando telescopios y contadores manuales, para grupos menores o iguales a 4000 flamencos se contabilizaron todos los individuos mientras que para concentraciones mayores a 4000 se realizaron extrapolaciones en bloques. Cabe destacar que para los años 1996, 2001–2005, 2007 y 2008 hubo ausencia de información, debido a dificultades logísticas y de accesibilidad al área de estudio.

**Análisis de datos.** Se analizó el tamaño de la laguna en  $\text{km}^2$ , la abundancia de Flamencos Australes y el número de nidos mediante estadística descriptiva (media aritmética, máximo, mínimo) y la asociación lineal entre estas variables a partir de coeficientes de correlación de Pearson. Para evaluar si la variación de la superficie del espejo de agua de la laguna afecta la abundancia de flamencos se ajustaron modelos con diferentes relaciones entre la variable respuesta (número de individuos) y la variable predictora (tamaño lagunar). Se consideraron los siguientes modelos: nulo, lineal, cuadrático y de tipo “vara partida” (piecewise), asumiendo datos con una

distribución de Poisson. Se utilizó el paquete de lenguaje R “segmented” (Muggeo 2014) para la estimación del modelo lineal generalizado con relaciones lineales de tipo “vara partida”, el cual tienen puntos de quiebre o de cambio en la regresión. Del conjunto de modelos se identificó el modelo de ajuste más apropiado, considerando aquella función con menor criterio de información de Akaike (AIC) y con mayor proporción de variabilidad explicada por el modelo ( $R^2$ ).

## RESULTADOS

El espejo de agua de la Laguna de Llanquanelo, estimado a partir de imágenes satelitales, para un intervalo de 32 años (desde 1984 a 2016) presentó una superficie promedio de  $171,6 \text{ km}^2$ . No obstante, el humedal se caracterizó por las variaciones temporales en su superficie lacustre, los mayores tamaños ( $> 200 \text{ km}^2$ ) corresponden a los periodos de 1984–1987, 2000–2003 y 2006–2009, y los menores tamaños ( $< 100 \text{ km}^2$ ) se registran entre 1989 y 1991 y para los últimos 7 años (2010–2016) (Figura 2).



**Figura 2.** Abundancia del Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*) y superficie del espejo de agua en la Laguna de Llanquanelo (Mendoza, Argentina) desde 1987 al 2016. Los años sin barras corresponden a periodos donde no se realizaron conteos de flamencos.

El número de Flamencos Australes registrado presentó una dinámica poblacional variable, con cambios en la abundancia desde 1000 a más de 57.000 individuos. Los menores conteos de aves fueron obtenidos entre 2012 y 2014, mientras que los mayores censos (> 50.000 flamencos) ocurrieron entre 1990 y 1992 y en 2010 (Figura 2). En cuanto a los eventos de nidificación, en los años que se pudieron realizar censos de nidos, se encontraron variaciones en los conteos pasando por registros nulos (entre 2011 y 2013), bajos (< 221 nidos en 1987), intermedios (> 6000 nidos en 1990, 1991) y elevados (>13.800 nidos en 2010). El número de nidos mostró una asociación lineal positiva y significativa con la abundancia de los flamencos ( $r = 0,74$ ;  $p = 0,004$ ;  $N = 13$ ). La representación cronológica de las fluctuaciones en la superficie del espejo de agua de Llanquanelo y la abundancia del Flamenco Austral (Figura 2) corresponde a un intervalo de 30 años (1987–2016). El modelo de tipo “vara partida” fue el que mejor explicó la variación en los datos ( $R^2 = 0,47$ ), entre todos los modelos estimados (Tabla 1) y presentó el mejor ajuste (menor AIC) entre el área del espejo de agua y el número de individuos. La relación entre la abundancia de aves y la superficie del hábitat es lineal positiva hasta un punto de quiebre inferior a los 80 km<sup>2</sup> de superficie lagunar. Luego de este valor el tamaño del espejo de agua se relaciona de forma negativa y lineal con la abundancia de Flamencos Australes (Figura 3). Estos resultados muestran que los mayores números de individuos se han registrado en un intervalo de superficie inundada entre los 50 y 100 km<sup>2</sup>. Los eventos de cría se encuentran asociados a periodos de mayor abundancia poblacional.

## DISCUSIÓN

En un contexto global de cambio ambiental realizar predicciones respecto la distribución y la abundancia de las especies presenta dificultades (Ehrlén & Morris 2015). Para el monitoreo poblacional de aves acuáticas en lagos salinos se recomiendan períodos de muestreo mínimos de 10 años (Romano et al. 2005), debido a la variabilidad de estos sistemas y las consecuencias que pueden tener en el manejo y la

conservación las generalizaciones basadas en estudios de corto plazo. En este trabajo se utilizaron registros mensuales que totalizan 32 años de variaciones en el tamaño de la Laguna de Llanquanelo. A partir de esta serie temporal se analizó la relación entre la abundancia del Flamenco Austral, la nidificación y la dinámica del sistema lacustre de Llanquanelo. Se observa que, durante el lapso de los últimos 7 años, el área de la laguna ha presentado niveles reducidos respecto a la media histórica, lo cual es consistente con las menores acumulaciones de nieve en los Andes Centrales (Rivera et al. 2017).

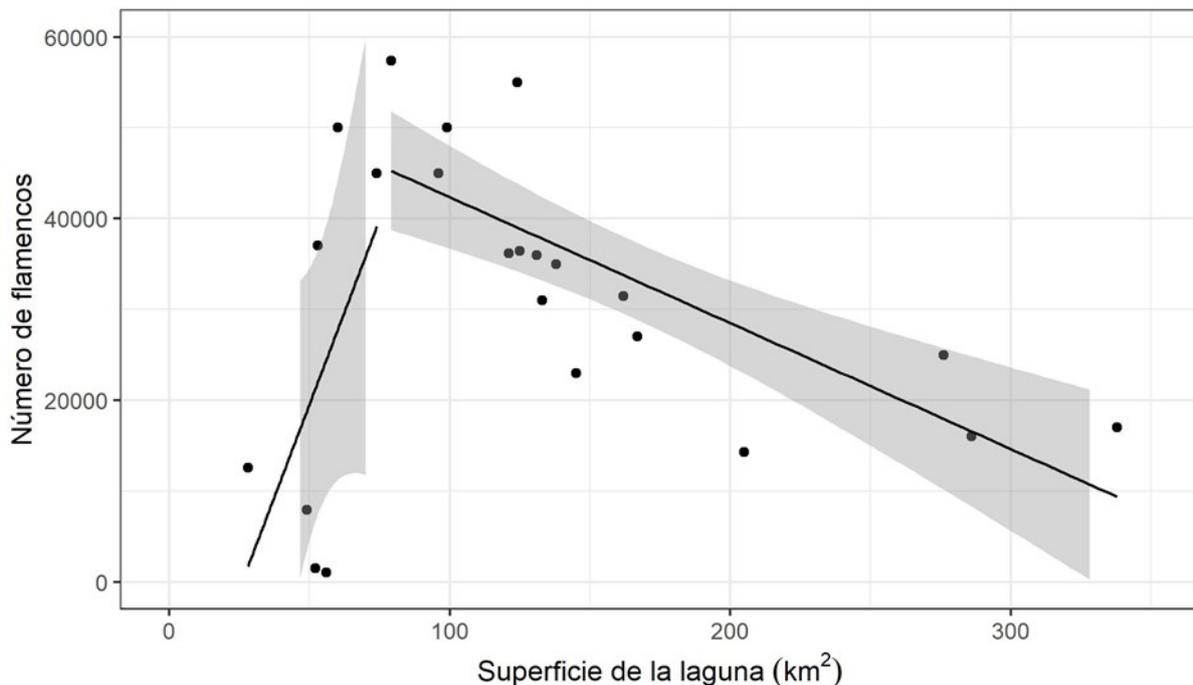
Nuestros resultados muestran que la abundancia de Flamencos Australes, el número de nidos y el tamaño de la Laguna de Llanquanelo se caracterizan por una alta variabilidad temporal. La relación entre el número de individuos y la superficie del hábitat, definido en este trabajo como el espejo de agua del humedal tienen una relación positiva y lineal hasta un valor de 80 km<sup>2</sup>. Cabe destacar que este valor representa aproximadamente la mitad del tamaño lacustre promedio. Luego de este punto de quiebre, conforme aumenta el área del espejo de agua, el número de individuos se reduce significativamente. El establecimiento registrado de colonias de cría se encuentra asociado con los periodos de mayores abundancias de individuos.

Estos resultados son similares a los patrones descritos en la Laguna de Pozuelos por Rodríguez (2012). En este sitio se encontró que conforme aumenta el tamaño de la laguna, disminuye la abundancia de flamencos, lo cual indica que bajo condiciones de excedentes hídricos son predecibles disminuciones poblacionales para este grupo (Rodríguez 2012). En base a estos antecedentes y los datos que se analizaron en esta investigación, se corroboran las observaciones de Sosa (1999), el cual postula que los valores máximos registrados de Flamencos Australes y la disposición de colonias de cría en Llanquanelo se relacionan con la variabilidad hidrológica del humedal.

La explicación de este patrón se relaciona potencialmente con los requerimientos de alimentación del Flamenco Austral, debido a que los microorganismos que consume proliferan bajo condiciones de alta salinidad (Sosa 1999). Mientras

**Tabla 1.** Parámetros estimados para la selección de modelos con abundancia de Flamencos Australes (*Phoenicopterus chilensis*) como una función de la superficie de la Laguna de Llanquanelo, Mendoza, Argentina.  $\Psi$ = Punto de quiebre.

Modelo	Coefficiente	Estimación	Error estándar	z	p	AIC
Vara Partida	Intercepto	7,702	0,013	578,8	< 0,0001	126300
	B1	0,041	0,000	185,4	< 0,0001	
	$\Psi$	76,040	0,108	207,0	< 0,0001	
	B2	-0,005	0,000	-215,2	< 0,0001	
Cuadrático	Intercepto	9,715	0,004	2055,5	< 0,0001	198404
	$\beta$	0,010	0,000	163,4	< 0,0001	
	$\alpha$	-0,000	0,000	-182,7	< 0,0001	
Lineal	Intercepto	10,449	0,002	4523,6	< 0,0001	235507
	$\beta$	-0,001	0,000	-68,6	< 0,0001	
Nulo	Intercepto	10,310	0,001	8570,0	< 0,0001	240382

**Figura 3.** Relación entre la abundancia del Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*) y la superficie del espejo de agua de la Laguna de Llanquanelo, Mendoza, Argentina. Las áreas sombreadas indican un intervalo de confianza del 95%.

el espejo de agua fluctúa en cierto rango intermedio probablemente mejora la disponibilidad de recursos tróficos, se producen concentraciones de individuos y se desencadenan procesos reproductivos. No obstante, si los sectores de cría quedan expuestos debido a la disminución del espejo, la depredación sobre pichones y juveniles puede hacer fracasar los eventos de nidificación, lo cual ha sido registrado en el área de estudio (LMA, SM & HS observ. pers.) y en Vilama con la Parina Chica (*Phoenicoparrus jamesi*) (Caziani & Derlindati 1995).

Cuando el espejo de agua incrementa, debido a los aportes pluviales o fluviales superficiales, las áreas de nidificación son sumergidas y la disminución de la salinidad posiblemente reduce la oferta de alimento, por lo cual las aves se desplazan a otros sitios. En base a la categoría de amenaza del Flamenco Austral y desde una perspectiva local, esta situación puede parecer negativa. Desde una evaluación regional de este fenómeno y considerando la importancia de la disper-

sión en la persistencia poblacional, se sugiere que la dinámica hidrológica del espejo de agua, hasta una superficie de 80 km<sup>2</sup>, favorece diferentes procesos fundamentales para la conservación de la especie.

Es fundamental continuar con un programa de monitoreo a largo plazo, con el objeto de evaluar la dinámica óptima del espejo de agua para la persistencia poblacional del Flamenco Austral, asegurando la continuidad de los procesos reproductivos en el sitio y la dispersión cuando los niveles superficiales de agua alcanzan cotas mayores. Debido a la importancia de la Laguna de Llanquanelo para la persistencia de esta especie (Sosa & Martín 2012), establecer medidas de manejo es fundamental. En base a nuestros resultados las mayores abundancias de individuos se han producido cuando la superficie del espejo de agua varía entre los 50 y 100 km<sup>2</sup>. Los eventos de cría se producen cuando se registran los mayores tamaños poblacionales. Establecer el rango adecuado puede complementar el manejo de los recursos hídricos del tramo

superior de la cuenca del río Malargüe y la conservación del Flamenco Austral en la Laguna de Llanquanelo.

## AGRADECIMIENTOS

A Facundo Rojas por impulsar el desarrollo de este trabajo. A Andrea Astié por sus comentarios y sugerencias con el manuscrito. A Manuel Praderio y Roberto Saenz por los vuelos para censos aéreos. A Rodrigo Valdéz y Jerónimo Sosa por su apoyo y colaboración con los conteos y el trabajo en el terreno. A los Guardaparques de Llanquanelo por su apoyo logístico. A Gerardo Pardo y Raúl Pardo por su hospitalidad y experiencia local. A Ramón Martínez por su sostén incondicional.

## REFERENCIAS

- Barisón, C, N Cruz, M Romano & IM Barberis (2014) Patrones de comportamiento de dos especies de flamencos (*Phoenicoparrus andinus* y *Phoenicopterus chilensis*) y su relación con las condiciones meteorológicas de la laguna Melincué, Argentina, durante el invierno. *El Hornero* 29: 61–71.
- Bianchi LO, Rivera JA, F Rojas, MB Navarro & R Villalba (2017) A regional water balance indicator inferred from satellite images of an Andean endorheic basin in central-western Argentina. *Hydrological Sciences Journal* 62: 533–545.
- Blanco, D (1999) Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Pp 215–224 en Malvárez, A (ed). *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe (ORCYT), Montevideo, Uruguay.
- Block, WM & LA Brennan (1993) The habitat concept in ornithology: theory and applications. *Current Ornithology* 11: 35–91.
- Boyle, T, SM Caziani & RG Waltermire (2004) Landsat TM inventory and assessment of waterbird habitat in the Southern Altiplano of South America. *Wetlands Ecology and Management* 12: 563–573.
- Caziani, SM & EJ Derlindati (2000) Abundance and habitat of high Andean flamingos in northwestern Argentina. *Waterbirds* 23, Special Publication 1: 121–123.
- Caziani, SM, O Rocha, E Rodríguez, M Romano, EJ Derlindati, A Tálamo, D Ricalde, C Quiroga, JP Contreras, M Valqui & H Sosa (2007) Seasonal distribution, abundance, and nesting of Puna, Andean, and Chilean Flamingos. *The Condor* 109: 276–287.
- Ehrlén, J, & WF Morris (2015) Predicting changes in the distribution and abundance of species under environmental change. *Ecology Letters* 18: 303–314.
- González Achem, AL, C Seeligmann & M Alderete (2014) Variaciones espacio-temporales de la flora diatomológica en Laguna de Los Pozuelos (Jujuy, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49: 177–193.
- Hall, SL, PR Krausman & ML Morrison (1997) The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25: 173–182.
- Johnson, MD (2007) Measuring habitat quality: a review. *The Condor* 109: 489–504.
- Llambías, EJ (2009) *Volcanes: nacimiento, estructura, dinámica*. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires, Argentina.
- Méndez, E (2005) La vegetación de la Reserva Provincial Laguna de Llanquanelo, Mendoza, Argentina. *Candollea* 60: 123–148.
- Morris, DW (2003) How can we apply theories of habitat selection to wildlife conservation and management? *Wildlife Research* 30: 303–319.
- Muggeo, V (2017) Package ‘segmented’. *Biometrika* 58: 525–534.
- R Development Core Team (2016) *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from [www.r-project.org](http://www.r-project.org).
- Rivera, JA, OC Penalba, R Villalba, DC Araneo (2017) Spatio-temporal patterns of the 2010–2015 extreme hydrological drought across the Central Andes, Argentina. *Water* 9: 652.
- Rodríguez, AC (2012) *Dinámica superficial del monumento natural Laguna de los Pozuelos. Monitoreo de avifauna acuática: implicancias para su conservación*. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Naturales, Univ. Nacional de Salta, Salta, Argentina.
- Romano, M, I Barberis, F Pagano & J Maidagan (2005) Seasonal and interannual variation in waterbird abundance and species composition in the Melincue saline lake, Argentina. *European Journal of Wildlife Research* 51: 1–13.
- Sosa, HJ (1995) Actualización de la lista de avifauna de la Reserva Provincial Laguna Llanquanelo, Malargüe, Mendoza. Presencia estacional, preferencia de hábitats y nidificación. *Muldequina* 4: 65–75.
- Sosa, HJ (1999) Descripción del evento reproductivo del Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*) en Laguna Llanquanelo, Malargüe, Mendoza. *Muldequina* 8: 87–89.
- Sosa, HJ & S Martín (2012) Evaluación de la población del Flamenco Austral (*Phoenicopterus chilensis*) en la reserva provincial Laguna Llanquanelo, Mendoza, Argentina. *Nótulas Faunísticas*, 2ª serie 104: 1–8.
- Xu, H (2006) Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 27: 3025–3033.