



## **FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

### **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA**

Tesina presentada para obtener el título de grado académico de

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE**

**“MORTALIDAD DE FAUNA SILVESTRE EN RESERVORIOS DE  
AGUA EN AMBIENTES ÁRIDOS Y SEMIÁRIDOS DEL CENTRO DE  
ARGENTINA: CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE  
MITIGACIÓN”**

GIUSTI, MARÍA EMILIA

Santa Rosa, La Pampa

Argentina

2016

## **Prefacio**

Esta tesina está presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa, y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en el Centro para el estudio y conservación de Aves Rapaces en Argentina (CECARA), bajo la dirección del Dr. SARASOLA, José Hernán y bajo la co-dirección del Ing. GALMES, Maximiliano Adrián.

## **Agradecimientos**

- A la Universidad Nacional de La Pampa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- A la Dirección de Recursos Naturales de La Pampa, por la financiación.
- A mis directores José Hernán Sarasola y Maximiliano Galmes, por sus aportes, correcciones, predisposición y acompañamiento.
- A cada uno de los integrantes del CECARA por el apoyo, el acompañamiento en las salidas al campo y el análisis de los datos, así mismo como a Marcos que me ayudó en la identificación de las aves ahogadas indeterminadas.
- A mi compañero de campo, Joaquín, por el aprendizaje y la experiencia de cada fin de semana en el campo a lo largo de esta tesina.
- A la gente del oeste que me recibió con calidez cada fin de semana.
- A Maxi Galmes, a quién considero mi mentor, y uno de mis grandes recuerdos de los años de carrera en la FCEyN.
- A mi familia que fue incondicional durante toda la carrera y sobre todo para la realización de esta tesina que fue cuando más los necesite, así mismo como a mi amiga y compañera de todos estos años Cande.

9 Septiembre de 2016

Giusti María Emilia

Centro para el Estudio y Conservación de Aves Rapaces en Argentina  
(CECARA)

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

## ÍNDICE

<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Summary.....</b>	<b>2</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
Objetivos.....	5
Hipótesis y predicciones.....	6
<b>Metodología.....</b>	<b>7</b>
Área de estudio.....	7
Selección de tanques.....	8
Caracterización de tanques.....	9
Diseño de rampas y distribución de tratamientos.....	9
Monitoreo de tanques.....	11
Análisis estadísticos.....	12
<b>Resultados.....</b>	<b>14</b>
Ahogamientos de aves silvestres.....	14
Ahogamientos de mamíferos silvestres.....	18
<b>Discusión.....</b>	<b>20</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografía citada.....</b>	<b>24</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>27</b>

## **Resumen**

En zonas áridas, una de las principales infraestructuras necesarias para el desarrollo de la actividad ganadera son los reservorios de agua para abreviar al ganado, generalmente de forma circular y denominados comúnmente tanques australianos. En esta tesina cuantificamos la mortalidad de fauna silvestre en este tipo de reservorios de agua y evaluamos la efectividad de una medida de mitigación de este factor de mortalidad, como son las denominadas “rampas de rescate”. Se monitorearon un total de 90 tanques a lo largo de un año (en subgrupos de a 30 tanques, de acuerdo a los tres tratamientos: cero, una y dos rampas de rescate) ubicados en una gradiente de aproximadamente 300 km desde el Paraje El Durazno hasta cercanías de la localidad de Limay Mahuida, en la provincia de La Pampa (ecoregiones del Espinal y el Monte), Argentina. Se registraron 612 individuos ahogados en los reservorios incluidos en el estudio, principalmente pertenecientes a la Clase Aves (N = 544). La probabilidad de ocurrencia de eventos de mortalidad estuvo determinada por factores ambientales y de manejo del recurso. En el caso de las aves, la mortalidad fue mayor en aquellos reservorios sin rampas de rescate durante primavera-verano, ubicados en ambientes de bosque-arbustal y cuando la distancia entre el borde del reservorio y la superficie del agua fue mayor a 10 cm. En el caso de los mamíferos, los factores que determinaron la probabilidad de ahogamiento fueron el tipo de ambiente y la diferencia de altura entre el borde del tanque y el terraplén exterior. Los reservorios de agua resultaron un factor importante y desconocido de mortalidad para la fauna silvestre, principalmente de aves durante el período estival. Las rampas de rescate resultaron una medida de mitigación efectiva para la mortalidad de aves, económica y beneficiosa tanto para productores como para la fauna silvestre que no interfirió en el manejo pecuario de los establecimientos, por lo que concluyo que sería deseable su implementación a gran escala en zonas áridas y semi-áridas del país.

## **Summary**

One of the infrastructures necessary for the development of livestock production, are water reservoirs for cattle. In Argentina they are, generally circular and are commonly called “tanques Australianos”. In this thesis, we have quantified wildlife mortality in this type of water reservoirs, and assessed the effectiveness of the installation of rescue ramps as a mitigation measure to reduce this mortality. We have monitored a total of 90 reservoirs throughout a year, located on a gradient of about 300km from Paraje El Durazno, to a close distance from the Limay Mahuida district, in the province of La Pampa, Argentina. We have registered 612 drowned animals in researched reservoirs, mainly birds (N = 544). The probability of wildlife drowning events was related to climatic factors and water management. In the case of birds, mortality rates were higher in water reservoirs without “rescue ramps” during spring-summer, located in ecosystems of shrub forest, and in cases where the distance between the edge of the reservoir and the water level was of more than 10cm. In the case of mammals, the probability of drowning were related to the ecosystem type and the height difference between the border of the reservoir and the surrounding embankment. Water reservoirs were an important and previously unreported factor of wildlife mortality, especially for birds during summer. The “rescue ramps” were an effective and economic mitigation measure to reduce bird mortality, beneficial for both wildlife and producers, as they did not affect the establishment’s livestock management procedures. We conclude that these ramps should be implemented at large-scale in arid ecosystems of the province and the country.

## **Introducción**

El incremento de la población humana a nivel mundial se ha visto traducido en un aumento de necesidades variadas, siendo la alimenticia la de mayor importancia (Leguiza 2002). Esta mayor demanda de bienes y servicios tiene un efecto importante sobre la biodiversidad ya que implica la expansión de las zonas urbanizadas e industriales y de vías de comunicación. Este desarrollo se encuentra directamente relacionado con la demanda e instalación de infraestructuras necesarias para las actividades productivas, las cuales suelen tener un efecto negativo, y en muchos casos desconocido, sobre la fauna silvestre. Algunos ejemplos de los efectos directos, reconocidos y cuantificados de estructuras asociadas a la actividad humana sobre la fauna silvestre son los atropellamientos en rutas y carreteras (Chace & White 2006), las colisiones de aves contra edificios (Klem 1989, Loss *et al.* 2014) e infraestructuras de distribución de energía eléctrica y eólicas (Pande *et al.* 2013) o, la mortalidad de aves y mamíferos marinos en redes y otras artes de pesca (FAO 2011). Las actividades productivas, y en particular la actividad agroganadera, supone la instalación de diversas infraestructuras como carreteras y vías de comunicación para la extracción de productos, las líneas de distribución de energía, la delimitación de predios mediante cercos y alambrados, y el establecimiento de perforaciones, ductos y reservorios de agua para su provisión al ganado.

En Argentina, la mayor demanda mundial de alimento y los requerimientos de ciertos tipos de granos y cultivos (ej., soja) se ha traducido en una intensificación del uso de la tierra en ambientes agrícolas, principalmente en la región pampeana, pero también una expansión de la frontera agropecuaria en detrimento de ambientes naturales como los bosques del Chaco y el Espinal (SAyDS 2008). A nivel global, estos cambios han supuesto una importante pérdida de biodiversidad y de la abundancia media de especies en áreas dedicadas a la producción ganadera y de cultivos como resultado de la intensificación agrícola (Alkemade *et al.* 2012). Esta merma en la biodiversidad global se ha asociado al reemplazo del hábitat natural y a la simplificación de los ambientes (Chamberlain *et al.* 2000, Benton *et al.* 2003). Sin embargo, otros aspectos relacionados con el desarrollo de infraestructuras en estas áreas y su impacto sobre la biodiversidad no han sido aún evaluados.

Gran parte de la provincia de La Pampa se encuentra incluida dentro de las ecoregiones del Desierto de Monte y del Espinal. El aprovechamiento agrícola y ganadero de esta región árida y semiárida del centro de Argentina estuvo relacionado históricamente con la colonización europea originada a partir de finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Fernández & Busso 1997). En este contexto se fundaron las primeras ciudades trayendo aparejadas la introducción de cultivos y ganado doméstico, principalmente ovino y posteriormente bovino, y el paulatino reemplazo de hábitats naturales por áreas de cultivos y cría de ganado. Históricamente la provincia de La Pampa se encontró entre las mayores productoras de ganado bovino del país (Ministerio de Agroindustria, 2014).

Dadas las características climáticas de esta región (baja precipitación anual, ausencia de cuerpos de agua naturales), uno de los elementos principales y fundamentales para la producción ganadera es la provisión de agua para el ganado a través de la extracción de la misma del subsuelo (con molinos o bombas eléctricas) y su almacenamiento y manejo en reservorios y aguadas. En Argentina, estos reservorios suelen consistir en los denominados tanques australianos, estructuras de chapa y/o de cemento circulares de profundidad y diámetro variables con paredes verticales y cuyos bordes pueden estar o no nivelados con el terreno circundante mediante terraplenes. Estas características y particularmente sus paredes verticales pueden generar un potencial riesgo de ahogamiento para muchas especies de animales silvestres cuando éstos caen en su interior al intentar tomar agua o bañarse y después no consiguen salir. A pesar de ser una fuente de mortalidad que podría afectar a la fauna en ambientes áridos en todo el mundo, la información existente al respecto es escasa y se limita a reportes anecdóticos de mortalidades puntuales de distintos taxones, principalmente aves y murciélagos, en diversos ambientes áridos del planeta.

Algunos ejemplos de mortalidades de fauna reportadas en reservorios de agua, son en Mongolia donde se registraron 19 individuos ahogados pertenecientes a cuatro especies de aves rapaces (Ellis *et al.* 2010), en Idaho se hallaron restos de nueve individuos (aves) en tanques para abreviar al ganado, de los cuales siete eran pertenecientes a un ave rapaz, el halconcito colorado (*Falco sparverius*), y los otros dos pertenecían a individuos del orden de los Passeriformes (Craig & Powers 1976). En la misma zona, se registraron dos incidentes de ahogamiento en igual número de tanques que involucraron a un roedor y a un



ave. En Sudáfrica, se registraron 322 individuos de aves rapaces ahogadas que correspondieron a 29 especies (Anderson *et al.* 2010).

Otro ejemplo de incidentes de ahogamiento incluye a murciélagos. Estos mamíferos, requieren agua en cantidades elevadas porque por su fisiología y tasa metabólica registran una pérdida de agua diaria de hasta el 50% de su peso corporal (Taylor & Tuttle 2007). Por ello, los reservorios de agua son una oportunidad para suplir tal requerimiento y de esta manera, un riesgo de mortalidad.

Existen evidencias de que también los reservorios de agua de las zonas agrícolas de la región árida y semiárida de Argentina podrían significar un importante factor de mortalidad para la fauna silvestre. En el caso del águila coronada (*Buteogallus coronatus*), por ejemplo, una especie categorizada en peligro de extinción a nivel nacional e internacional que cuenta con una población reproductora identificada y monitoreada en la provincia de La Pampa, se han identificado los ahogamientos en este tipo de reservorios como uno de los factores de mortalidad (BirdLife International 2012).

### **Objetivos generales**

Evaluar los reservorios de agua como factor de mortalidad para la fauna silvestre en la zona semiárida de la provincia de La Pampa y evaluar la efectividad de medidas de mitigación a este factor de mortalidad.

### **Objetivos específicos:**

- 1) Cuantificar la mortalidad de fauna silvestre en reservorios de agua en el oeste de la provincia de La Pampa.
- 2) Determinar los grupos de vertebrados y especies más propensas de verse afectadas por este factor de mortalidad.
- 3) Determinar la relación que existe entre la probabilidad de ocurrencia de incidentes de ahogamientos y factores bióticos y abióticos.
- 4) Determinar la efectividad de colocar rampas en los reservorios de agua (en adelante rampas de rescate) como medida de mitigación para los incidentes de ahogamientos en el oeste de la provincia de La Pampa.

## **Hipótesis y predicciones**

**H1: La mortalidad de fauna silvestre estará relacionada con factores de índole meteorológicos, ambientales y de manejo del recurso.**

P1: La mortalidad de fauna silvestre aumentará en la estaciones de primavera y verano porque las altas temperaturas implicarán mayores necesidades de agua por parte de los animales. A su vez, temperaturas mayores aumentarán los niveles de evaporación de los tanques y con ello aumentará la diferencia de nivel entre el borde del reservorio y la superficie del agua.

P2: La mortalidad de fauna silvestre será mayor conforme aumente la distancia entre la superficie del agua y el borde del reservorio.

P3: La mortalidad de fauna silvestre dependerá de la abundancia de animales en el ambiente en cuestión.

**H2: La mortalidad por ahogamiento afecta en forma distinta a los diversos grupos de vertebrados.**

P1: Por tener una mayor posibilidad de acceso al agua y de uso del recurso, las aves se verán afectadas en mayor grado por mortalidad por ahogamiento en los reservorios de agua que los restantes grupos de vertebrados.

**H3: Las rampas de rescate suponen una medida efectiva de mitigación de mortalidad.**

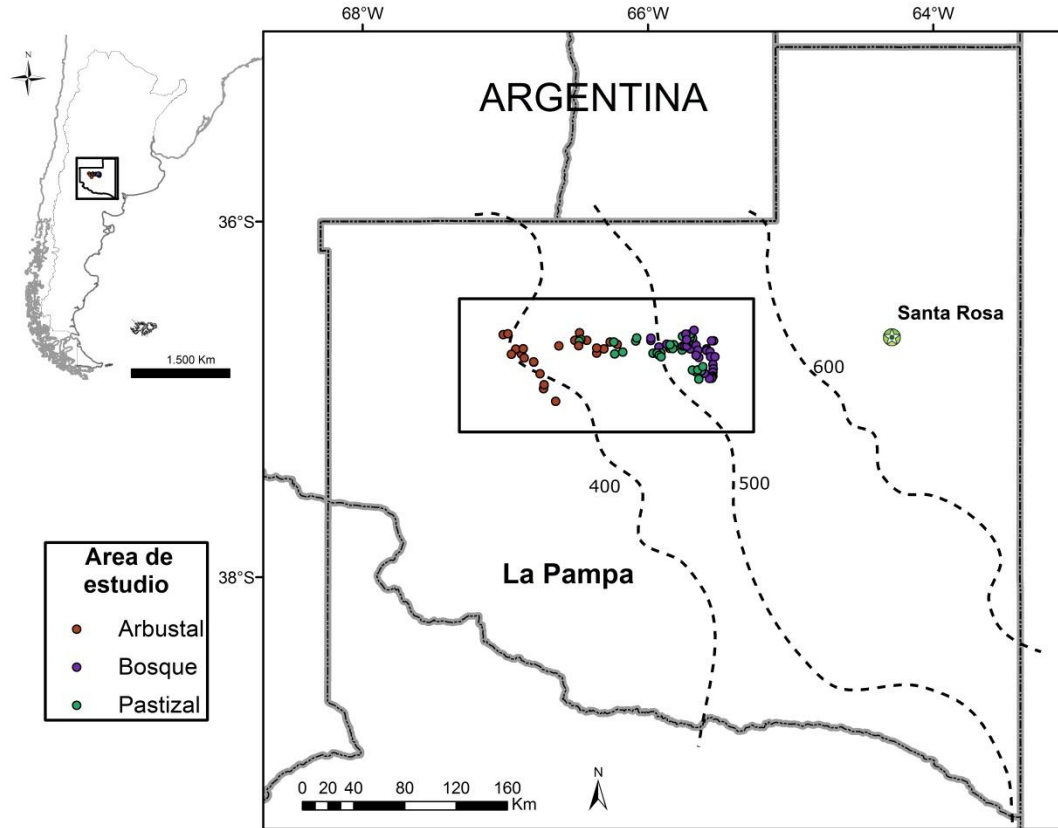
P1: La mortalidad de fauna silvestre disminuirá significativamente en aquellos reservorios que posean rampas de rescate.

P2: La mortalidad por ahogamiento disminuirá aún más en aquellos reservorios que posean más de una rampa de rescate vs aquellos que solo posean una rampa.

## **Metodología**

### ***Área de estudio***

Se ubica en el centro-oeste de la provincia de la Pampa, Argentina (Figura 1). El área de estudio seleccionada cubrió un gradiente de aproximadamente 300 km de extensión desde el paraje El Durazno sobre la ruta provincial N° 14 en el Este hasta cercanías de la localidad de Limay Mahuida en el límite oeste del área de estudio. Este gradiente E-O incluyó una variación climática y ambiental, pudiéndose diferenciar tres tipos de ambientes: el arbustal (monte) hacia el oeste, seguido de un pastizal psamófilo en la zona central y, hacia el extremo este del área de estudio, una región dominada por bosque de caldén (*Prosopis caldenia*) como paisaje característico. La temperatura media anual en la región es de 15°C, y las precipitaciones medias anuales varían entre 600mm a 400mm anuales (Fernández & Busso 1997). Los valores que toman estos parámetros climáticos definen al área de estudio en su conjunto como semiárida.



**Figura 1.** Localización del área de estudio (24200 km<sup>2</sup>) en la zona central de la provincia de La Pampa, indicando la variación en precipitación en el gradiente E-O y la ubicación de los distintos reservorios monitoreados de acuerdo al tipo de hábitat circundante a ellos.

### *Selección de tanques*

Para este estudio se seleccionaron 90 reservorios de agua utilizados para abreviar al ganado. Los reservorios fueron seleccionados tomando en cuenta su ocurrencia en el terreno y en distintos establecimientos privados, tomando como base, criterios que permitieran evaluar el efecto de covariables ambientales y de manejo sobre la potencial mortalidad de fauna silvestre. La primera variable que se consideró al momento de selección de los reservorios de agua fue la fisonomía o ambiente circundante a los tanques. Para ello se seleccionaron los reservorios considerando su ubicación en los tres ambientes típicos representados en el área de estudio, seleccionando 30 reservorios en cada uno de estos ambientes: bosque, arbustal y pastizal.

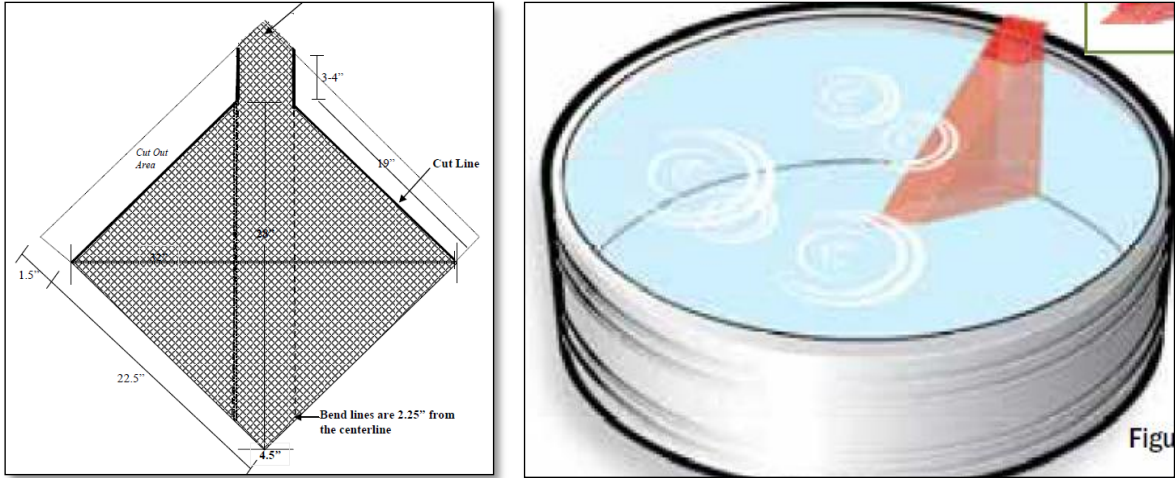
### ***Caracterización de tanques***

El diseño de reservorios utilizados con mayor frecuencia en el área de estudio son aquellos denominados “tanques australianos” de forma circular. Una vez seleccionados los tanques, y en una primera visita a cada uno de ellos, se procedió a retirar todos los individuos de fauna silvestre que se encontraron ahogados en cada tanque. Luego se los caracterizó de acuerdo a su diámetro, profundidad (distancia desde el borde del tanque hasta el fondo del mismo), material de construcción y terraplén (distancia externa del tanque desde el borde del mismo hasta el suelo).

### ***Diseño rampas de rescate y distribución de tratamientos***

Las rampas de rescate empleadas para evaluar su efectividad como medida de mitigación de la mortalidad de fauna silvestre siguieron el diseño propuesto por Taylor & Tuttle (2007). Estas consistieron de una malla de hierro de diseño cuadrulado con una luz de malla de 5 x 5 cm (Figura 2). Las rampas tuvieron la forma de una sección piramidal con tres lados: uno frontal y dos laterales. El lado frontal estuvo orientado hacia el centro del reservorio y los laterales quedaron dispuestos de forma que se apoyan sobre la pared del reservorio. De esta forma se permitió el acceso desde y hacia la superficie del agua desde cualquiera de sus lados (Figura 3). Las rampas se colocaron de forma de cubrir el rango de altura desde el borde hasta el fondo del reservorio, contemplando así su funcionalidad independientemente del nivel del agua en cada momento. Las rampas de rescate se colocaron sobre el borde de los tanques, desde el cual iban fijadas a su borde (Figura 2).

Las rampas de rescate se distribuyeron en los distintos reservorios manteniendo un diseño balanceado para cada uno de los tratamientos en los 30 tanques seleccionados en cada ambiente (arbustal, bosque y pastizal) de modo tal que 10 tanques fueron provistos con dos rampas de rescate, 10 tanques tuvieron solo una rampa y 10 tanques fueron utilizados como control y no contaron con rampas de rescate.



**Figura 2.** Malla de hierro aún sin plegar (a la izquierda) y rampa de rescate ya colocada en el reservorio de agua.



**Figura 3.** Las rampas de rescate se disponen de forma tal que permiten el acceso desde y hacia la superficie del agua. En las imágenes, aves de distintas especies acceden a la superficie del agua del reservorio a partir del uso de las rampas de rescate.

### ***Monitoreo de tanques***

El monitoreo de los reservorios de agua se realizó durante un año con el fin de examinar variaciones temporales, particularmente estacionales, en cada uno de los tratamientos. El monitoreo de los reservorios se llevó a cabo a partir del mes de enero de 2014 hasta el mes de febrero del siguiente año, totalizando al menos 12 visitas a cada uno de ellos durante este período. Los reservorios se visitaron cada 20-30 días dependiendo de la época y estación del año. Durante la repetición de visitas a cada reservorio, independientemente del tipo de tratamiento del que se tratara (control, con una rampa de rescate o con dos), se evaluó la presencia de animales silvestres ahogados, retirando e identificando hasta al mayor detalle taxonómico posible a cada uno de ellos. En estas visitas se midió, a su vez, el borde libre (distancia entre la superficie del agua y el borde del reservorio) por ser una variable que pudiera cambiar temporalmente y afectar la ocurrencia de incidentes de mortandad (Figura 4).

Para los sucesivos monitoreos, se contó con los permisos de los propietarios de los establecimientos donde se encontraban los reservorios de agua que se utilizaron para llevar a cabo el estudio. En cada visita (siempre que fue posible), el productor/encargado fue interrogado de manera informal acerca de la utilidad de las rampas de rescate y de los posibles inconvenientes derivados a partir de su implementación.

Los individuos de fauna silvestre que fueron contabilizadas incluyeron las Clases Aves, Mamíferos y Reptiles. Los anfibios no fueron considerados por tratarse de un grupo de individuos que dependen del agua como medio de vida en forma permanente o temporal dependiendo de su estado de desarrollo.



**Figura 4.** A la izquierda un tanque con nivel de agua alto (menor borde libre) y a la derecha un tanque con nivel de agua bajo (mayor borde libre).

### *Análisis estadísticos*

Dado que muchas de las especies muestran hábitos sociales y se desplazan y realizan sus actividades vitales en grupos o bandadas (ej, forrajeo), y a los fines de evitar distorsiones en el análisis de datos, éstos se analizaron considerando la ocurrencia de incidentes de mortandad en los reservorios (presencia de al menos un individuo ahogado independientemente del número total) y no el número de individuos involucrados en cada uno de ellos. De esta manera, la variable respuesta fue una variable dicotómica (0: sin incidentes de ahogamientos, 1: al menos un individuo ahogado) de acuerdo a si ocurrieron o no eventos de mortalidad.

A partir de la información obtenida de la presencia-ausencia de individuos ahogados, de la estación del año, del borde libre, terraplén y tipo de ambiente se confeccionaron Modelos Mixtos Generalizados (GLMM según sus siglas en inglés). Estas covariables fueron incluidas en los modelos como factores de efecto fijo con un número variable de niveles dependiendo de cada una de ellas. La covariable estación del año, por ejemplo, incluye cuatro niveles: primavera, verano, otoño e invierno. Se consideró también el borde libre como una variable categórica de dos niveles, alto o bajo, según si la diferencia entre el borde del reservorio y la ubicación de la superficie del agua fue mayor o menor a 10 cm. El



terraplén solo fue considerado como una covariable para el análisis de los mamíferos e incluyó dos niveles, alto o bajo, según si la diferencia entre el borde del reservorio y el piso del terreno que lo circunda fue menor o mayor a 30 cm. (Figura 5). Finalmente, el tipo de ambiente incluyó tres niveles: pastizal, arbustal o bosque (Anexo: Tabla 1).



**Figura 5.** A la izquierda un tanque con terraplén bajo (distancia externa mayor a 30 cm) y a la derecha un tanque con terraplén alto (distancia externa menor a 30 cm).

Para evaluar la efectividad de la medida de mitigación propuesta, rampas de rescate, se incluyó esta covariable en los análisis como un factor de tres niveles: cero (aquellos reservorios utilizados como control), uno (disposición de una rampa en el reservorio) o dos (dos rampas de rescate establecidas en el reservorio monitoreado) (Anexo: Tabla 1).

La utilización de GLMM permitió incluir la variable ID Reservorio, la cual identifica en forma individual a cada reservorio incluido en el estudio como un factor aleatorio. De este modo, cada una de las visitas realizadas a ellos fue considerada en forma independiente para el análisis.

La selección de modelos para identificar los que mejor describieron la efectividad de las rampas de rescate se realizó en base al criterio de Información de Akaike (AIC). De esta forma se evaluó el nivel de apoyo para el modelo  $i$  utilizando el valor  $\Delta AIC$  y considerando modelos con valores  $\Delta AIC_c < 2$  con respecto al modelo con menor AIC para tener evidencia substancial de ajuste (Burnham & Anderson 2004). Se calculó el peso de Akaike

( $w_i$ ) como medida del peso de la evidencia a favor del mejor modelo actual en el conjunto. Los valores  $w_i$  dependen del grupo de modelos seleccionados y en comparación conjunta. Por ejemplo, los valores de  $w_i$  se interpretan como la probabilidad de que el modelo  $i$  es de hecho el mejor modelo, considerando los modelos con  $\Delta AIC < 2$  que compiten como los de mejor ajuste a los datos. De esta forma, la suma de los valores de  $w_i$  del grupo de modelos comparados es igual a 1.

## **Resultados**

Durante el monitoreo anual de los reservorios se registraron un total de 612 individuos de fauna silvestre ahogados, de los cuales 544 correspondieron a aves, 66 a mamíferos y dos a reptiles (Anexo: Tabla 2).

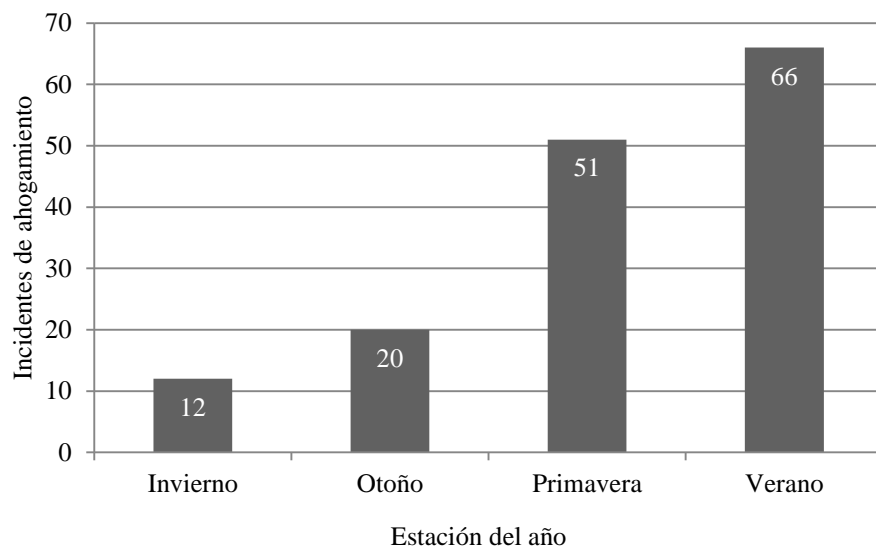
El análisis de los datos fue diferenciado según cada Clase. Sin embargo, y debido a que la ocurrencia de reptiles fue baja (solo dos individuos de diferentes especies), las aves y los mamíferos fueron los únicos grupos incluidos en el análisis de efectividad de las medidas de mitigación y del efecto de factores bióticos y abióticos sobre la probabilidad de ahogamiento.

### ***Ahogamientos de aves silvestres***

Se registraron 544 aves ahogadas en los 90 tanques que comprendieron el estudio. Este total de individuos estuvo concentrado en 149 incidentes de ahogamientos, considerándose como incidente de ahogamiento aquella visita a un reservorio de agua en la cual se registró al menos un individuo ahogado. El número medio de aves ahogadas por incidente fue de 3.65 individuos  $\pm$  (2.21).

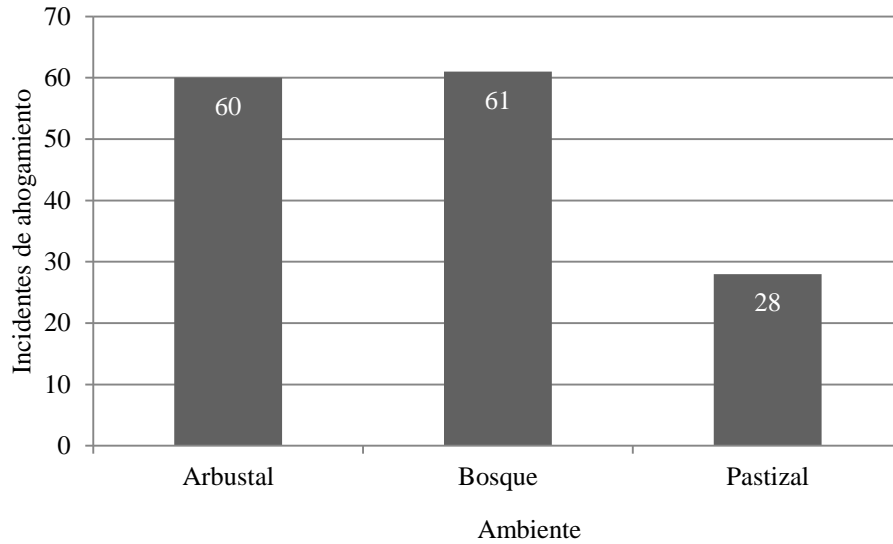
Las aves registradas en los incidentes de ahogamiento pertenecieron a los Órdenes *Passeriformes* (96%, 522 individuos), *Falconiformes* (1.6%, 9 individuos), *Columbiformes* (0.9%, 5 individuos), *Strigiformes* (0.5%, 3 individuos), *Psittaciformes* (0.4%, 2 individuos), *Cuculiformes* (0.2%, 1 individuo), *Caprimulgiformes* (0.2%, 1 individuo) y *Tinamiformes* (0.2%, 1 individuo).

El 78.5% de los incidentes de ahogamiento fueron registrados en las estaciones de mayor temperatura (primavera-verano), y el restante 21.5 % en otoño-invierno (Figura 6).



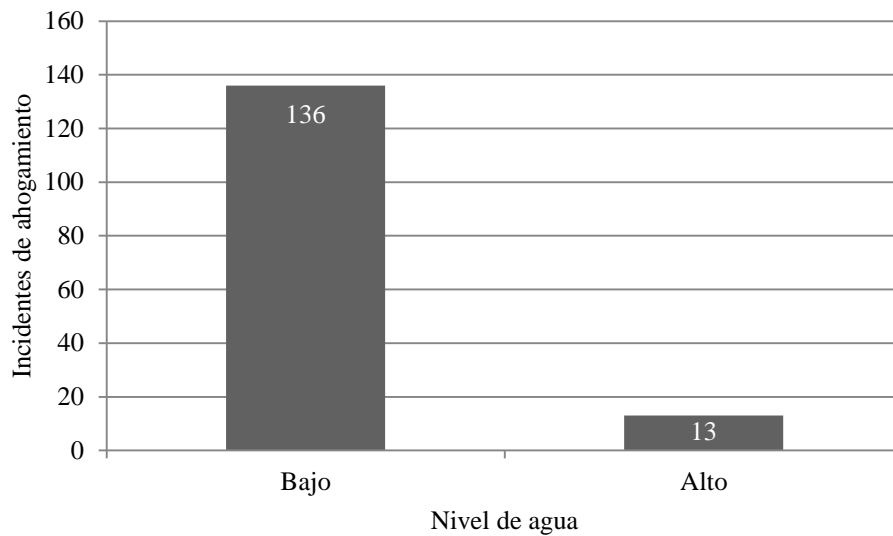
**Figura 6.** Número de incidentes de ahogamiento de aves según las estaciones del año.

Respecto de los tres ambientes donde se llevó a cabo el estudio, el 40% de incidentes de ahogamiento ocurrieron en el arbustal, el 41% en el bosque y el 19% en el pastizal (Figura 7).



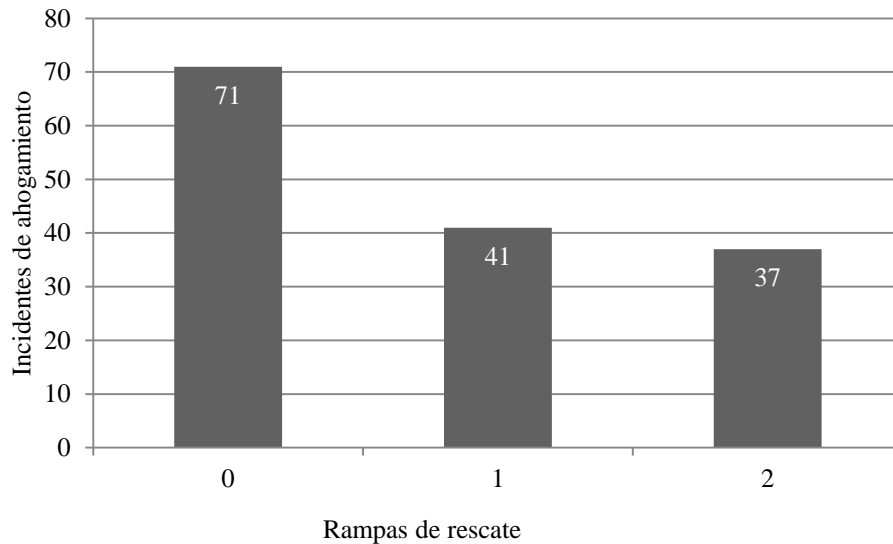
**Figura 7.** Número de incidentes de ahogamiento de aves según los tres tipos de ambientes considerados en el estudio.

Por último, en lo que respecta al nivel de agua, el 90% de los incidentes ocurrió cuando éste se encontraba bajo y el restante 10% cuando era alto (Figura 8).



**Figura 8.** Número de incidentes de ahogamiento de aves en función del nivel de agua de los reservorios (alto y bajo).

Del total de registros de incidentes de ahogamientos de aves, el 52% ocurrieron en reservorios que no poseían rampas de rescate, mientras que el 26% y 22% fueron registrados en reservorios con una rampa y con dos rampas, respectivamente (Figura 9).



**Figura 9.** Número de incidentes de ahogamientos de aves en función de cada uno de los tres tratamientos (cantidad de rampas de rescate).

La ocurrencia de ahogamientos de aves silvestres estuvo determinada por las variables estación del año, ambiente, nivel de agua respecto al límite del reservorio y rampas de rescate. El mejor modelo en términos de un mayor peso entre los modelos con  $\Delta AIC < 2$ , fue el que incluyó a todas las variables mencionadas anteriormente (Tabla 1). Las variables ambiente y rampas de rescate influyeron de manera negativa sobre la variable respuesta, mientras que las variables estación del año y nivel de agua lo hicieron de manera positiva (Anexo: Tabla 3).

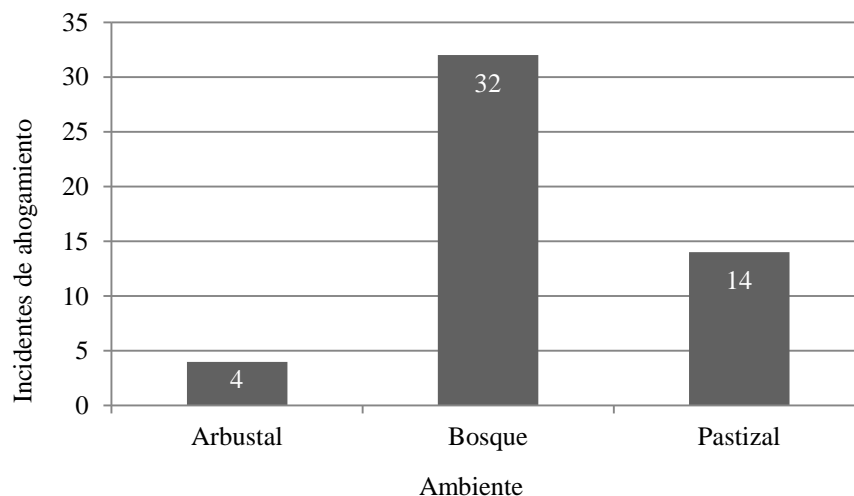
**Tabla 1.** Modelos de ocurrencia de ahogamientos de aves en los reservorios de agua en relación a la estación del año, el ambiente, nivel de agua y rampas de rescate.

	AIC	$\Delta$ AIC	Likelihood	$w_i$
<b>Est + Niv + Amb + Ram</b>	<b>719.613</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0.63</b>
Est + Niv + Amb	720.683	1.070	0.59	0.37
Est + Niv	727.177	7.564		
Est	734.545	14.932		
Nulo	805.752	86.139		

### *Ahogamientos de mamíferos silvestres*

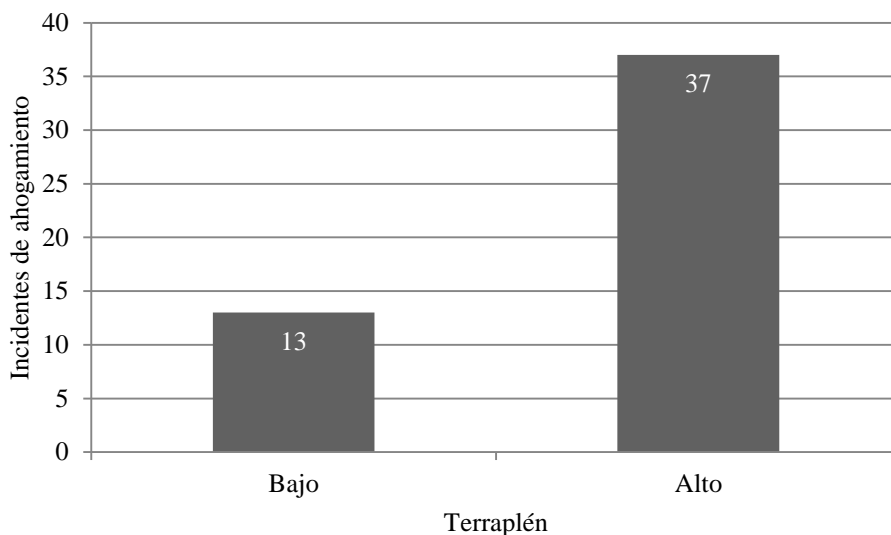
Se registraron 66 mamíferos ahogados en los 90 tanques que el estudio incluyó, concentrados en un total de 50 incidentes de ahogamiento, considerándose como incidente de ahogamiento aquella visita a un reservorio de agua en la cual se registró al menos un individuo ahogado. El número medio de mamíferos ahogados por incidente fue de 1.32 individuos  $\pm$  (0.65).

Respecto de los tres ambientes donde se llevó a cabo el estudio, el 64% de los incidentes de ahogamiento ocurrieron en el bosque, el 28% en el pastizal y el 8% en el arbustal (Figura 10).



**Figura 10.** Número de incidentes de ahogamientos de mamíferos según los tres tipos de ambientes considerados en el estudio.

En cuanto al terraplén, alto o bajo (según si la distancia externa entre el borde del reservorio y el suelo era menor o mayor a 30 cm respectivamente), el 74% de los ahogamientos ocurrió en reservorios con terraplén alto y el 26% de los mismos en reservorios con terraplén bajo (Figura 11).



**Figura 11.** Número de incidentes de ahogamiento de mamíferos según los niveles, alto y bajo, del terraplén.

La ocurrencia de ahogamientos de mamíferos silvestres estuvo determinada por las variables ambiente y terraplén. El mejor modelo en términos de un mayor peso entre los modelos con  $\Delta AIC < 2$ , fue el que incluyó a las dos variables anteriormente mencionadas (Tabla 2). Cada una de las variables que conformaron el modelo influyó de manera positiva sobre la variable respuesta (Anexo: Tabla 4).

**Tabla 2.** Modelos de ocurrencia de ahogamientos de mamíferos en los reservorios de agua considerando las variables ambiente y terraplén.

	AIC	$\Delta AIC$	Likelihood	$w_i$
<b>Amb + Terr</b>	<b>340,878</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Amb	347,033	6,155		
Nulo	366,057	25,179		

## **Discusión**

El ahogamiento en reservorios de agua de origen ganadero es un factor de mortalidad significativo para la fauna silvestre en la zona semiárida del centro del país. Sin embargo, este aspecto negativo de dicha infraestructura es ampliamente ignorado como tal por gestores del recurso faunístico, ornitólogos y científicos. Considerando las aves como el grupo más representado entre las especies afectadas por ahogamiento en reservorios de agua, y los valores obtenidos en la muestra de casi un centenar de los varios miles de reservorios dispuestos en el área de estudio, la mortalidad anual por ahogamiento supone un orden de magnitud varias veces mayor al estimado para cualquier otro generado por infraestructuras humanas, incluyendo la muerte por colisión/electrocución (Galmes *et al.* en revisión) o la mortalidad por atropellamiento en rutas y carreteras. Por ejemplo, para el caso de las electrocuciones, un estudio realizado en La Pampa (Galmes *et al.* en revisión) a lo largo de un año en el mismo área de estudio de la presente tesina, relevó 34 aves electrocutadas pertenecientes a las familias *Accipitridae*, *Cathartidae*, *Strigidae* y *Psittacidae*.

La mortalidad de aves por ahogamiento fue mayor en la época primavera-estival, donde los requerimientos diarios de agua de los individuos se suponen mayores por las temperaturas ambiente que se registran en esta región. A su vez, temperaturas mayores suponen tasas de evaporación también mayores, que disminuyen el nivel de agua de los reservorios y con ellos aumenta el riesgo de ahogamiento para la fauna silvestre.

Más de la mitad del número total de aves ahogadas fueron registradas en los reservorios que no poseían rampas de rescate, evidenciado la efectividad de la medida de mitigación propuesta por el presente estudio. Sin embargo, no hubo diferencias significativas respecto al número de incidentes de ahogamientos registrados en aquellos tanques que poseían una rampa en comparación con los que estaban provistos de dos rampas. Esto indica que la efectividad máxima potencial para evitar ahogamientos se alcanza con una sola rampa, siendo esta suficiente para los individuos que las utilizan como medio de escape una vez que han caído en el reservorio.



La mayor cantidad de ahogamientos de aves ocurrió en el ambiente bosque, y esto podría explicarse a partir de una mayor abundancia de aves en el bosque en comparación con el arbustal y el pastizal, especialmente durante la época primavera-estival (Sarasola, com. personal). Sin embargo, los ahogamientos en el arbustal fueron similares a los acontecidos en el bosque. El motivo para esta similitud, tratándose éste último de un ambiente con menor abundancia y diversidad de especies de aves, podría deberse a dos factores que interactúan entre sí: una mayor aridez de este ambiente, reflejado en menor disponibilidad de agua por precipitación y mayor temperatura, y el mayor tamaño de las unidades productivas, relacionado con cuestiones de manejo y carga ganadera, que cuentan a su vez con subdivisiones (parcelas, lotes o cuadros) de mayor tamaño. Por este motivo, los reservorios se encuentran a mayor distancia entre sí, haciendo que se vuelvan un recurso aún más discreto y raro espacialmente, convirtiéndose en un atrayente muy importante para las animales en búsqueda de agua durante el período estival. Esta particularidad potencia la peligrosidad de los reservorios como factor de mortalidad por ahogamiento para la fauna silvestre en ese tipo de ambientes aún más tórridos.

Para el caso de los mamíferos, se debió realizar un tipo de análisis distinto al considerado para las aves, dado que existieron variaciones en su abundancia y diversidad en el terreno (ej, mayor ocurrencia de especies de aves migratorias en primavera-verano) y porque se trata de un grupo que accede al agua desde otras capacidades de desplazamiento y movilidad. La ocurrencia de ahogamientos de mamíferos no tuvo la marcada correlación observada con las altas temperaturas de primavera-verano, sino que se concentraron en el otoño y fueron principalmente pequeños roedores. Este patrón se podría relacionar con el pico de abundancia de este grupo de micromamíferos durante esta estación del año (Sarasola *et al.* 2007). Por otra parte, para este grupo de vertebrados existieron factores del diseño de los reservorios que podrían ser importantes al momento de evaluar la probabilidad de ahogamientos en ellos y que son irrelevantes cuando se analiza este factor de mortalidad en aves. Por ejemplo, cuando se trató de mamíferos de mediano o gran tamaño (ej. zorrinos, gatos, zorros, ciervos y jabalíes), un terraplén alto que disminuya al máximo la diferencia de nivel entre el borde del reservorio y el nivel del suelo circundante fue un factor determinante para que los incidentes de ahogamiento tengan lugar. Cuando se trató de pequeños roedores, además del terraplén habría que considerar que para estas

especies el acceso a los tanques podría ser desde los arbustos o árboles que se encuentren circundantes al reservorio o que se adentren en él. Además de ello, el borde libre no resultó una variable que incidiría sobre los ahogamientos de los mamíferos y esto podría tener que ver con que los mamíferos (según su tamaño) acceden al agua de otra forma. Aumentar la distancia externa entre el borde del tanque y el suelo sería una alternativa fácil de aplicar para atenuar las muertes de los mamíferos en general, así como mantener el área que circunda a los tanques libres de leñosas para impedir el acceso de pequeños mamíferos. Los ahogamientos de los mamíferos tuvieron una marcada correlación con el ambiente, ya que más de la mitad de los incidentes ocurrieron en el bosque y el 50% de los mismos fueron individuos de mediano y gran tamaño. Una posible explicación sería que en esa zona una de las principales actividades productivas es la cinegética (cotos de caza mayor), con abundancia de individuos de estos tamaños. A diferencia del arbustal, donde no existen registros de ciervos colorados y chanchos jabalíes por ejemplo.

Las rampas de rescate mostraron ser una medida efectiva para disminuir la ocurrencia de incidentes de ahogamientos de fauna silvestre y particularmente de aves, ya que redujeron los ahogamientos de este último grupo en un 50%. La implementación de las rampas de rescate a gran escala, particularmente en estos ambientes tórridos, redundaría en beneficios tanto para los productores ganaderos como para la conservación de la biodiversidad.

## **Conclusiones**

- Los reservorios de agua son un factor de mortalidad importante y ampliamente ignorado desde el punto de vista del manejo y la conservación de la fauna silvestre.
- Los ahogamientos de fauna silvestre tienen un fuerte componente estacional y ambiental, así como del manejo que se realiza en el almacenamiento del recurso.
- La ocurrencia de incidentes de ahogamientos de fauna silvestre dependerán de la abundancia de individuos en la zona pero también de la disponibilidad de tanques, la cual es a su vez determinada por el tamaño de las parcelas y unidades productivas en relación con la carga ganadera tolerada por cada ambiente.
- Las rampas de rescate como medida de mitigación resultaron efectivas ya que redujeron los ahogamientos de las aves en un 50%; sin embargo no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con una o dos rampas.
- Las aves fueron el grupo más beneficiado por esta herramienta, y considero que esto fue así porque las mismas usaban las rampas para salir del agua en caso de caer en ella, así como también para acceder al agua desde el exterior del reservorio.
- Las rampas no implicaron ningún inconveniente para los productores respecto del manejo con la hacienda y a su vez contribuyeron a mantener el agua en mejores condiciones sanitarias para el consumo animal al disminuir la ocurrencia de ahogamientos.
- Mantener un nivel de agua alto (menor a 10 cm) contribuye a disminuir los ahogamientos de fauna silvestre. De manera análoga ocurre con el terraplén que rodea a los reservorios ya que a mayor distancia entre el borde del tanque y el suelo los ahogamientos también se vieron reducidos por la imposibilidad de los mamíferos silvestres para acceder al borde y eventualmente caer dentro del reservorio.

## **Bibliografía citada**

- Alkemade R., R.S. Reid, M. van den Berg, J. de Leeuw, & M. Jeuken. 2012. Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52): 20900–20905.
- Anderson M.D., A.W.A. Maritz & E. Oosthuysen. 1999. Raptors drowning in farm reservoirs in South Africa. *Ostrich: Journal of African Ornithology*, 70(2): 139-144; doi: 10.1080/00306525.1999.9634530
- Benton T.G, J.A. Vickery & J.D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?. *Trends Ecol. Evol.*, 18(4): 182–188.
- BirdLife International. 2012. IUCN red list for birds. Descargado de <http://www.birdlife.org/> el 18/08/2016.
- Burnham, K.P. & D.R. Anderson. 2004. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods and Research* 33: 261–304.
- Chamberlain D.E., R.J. Fuller, R.G.H. Bunce, J.C. Duckworth & M. Shrubbs. 2000. Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *J. Appl. Ecol.*, 37(5): 771–788
- Craig T.H., & L.R. Powers .1976. Raptor mortality due to drowning in a livestock watering tank. *Condor*, 78, 412 ST.
- Ellis D.H., B.R Terry. & C.H. Ellis. 2010. Raptor pit mortality in Mongolia and a call to identify and modify death traps wherever they occur. *AMBIO* 39:349-351; doi: 10.1007/s13280-010-0046-z.
- Fernández O.A. & C.A. Busso. 1997. Arid and semi-arid rangelands: two thirds of Argentina. *Rangeland Desertification Report No.200*: 41-60.
- Food and Agriculture Organization (F.A.O). 2011. *Directrices Internacionales Para La Ordenación De Las Capturas Incidentales Y La Reducción De Los Descartes*.

Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Clima, geomorfología, suelo, vegetación, y fauna vertebrados. 2004. Buenos Aires, Argentina.

Klem D.JR. 1989. Bird-window collisions. *Wilson Bulletin* 101(4):606–620.

Leguiza J. 2002. Necesidades alimentarias del mundo. Descargado de <http://ilpec.com.ar/articulos.php> el 18/08/2016.

Longcore T., C. Rich, P. Mineau, B. MacDonald, D.G. Bert, L.M. Sullivan, E. Mutrie, S.A. Gauthreaux Jr, M.L. Avery, R.L Crawford, A.M. Manville II, E.R. Travis, D. Drake. 2013. Avian mortality at communication towers in the United States and Canada: Which species, how many, and where? *Biological Conservation*, 158(2013): 410-419.

Loss S.R., T. Will, & P.P. Marra. 2013. Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. *Biological Conservation* 168(2013): 201-209.

Loss S.R., T. Will & P.P. Marra. 2014. Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. *PLoS ONE* 9(7): 26-28.

Loss S.R., S.S. Loss, T. Will & P.P. Marra. 2015. Linking place-based citizen science with large-scale conservation research: A case study of bird-building collisions and the role of professional scientists. *Biological Conservation* 184(2015): 439-445.

MinAgri. 2014. Existencias bovinas históricas. Ministerio de Agroindustria, Buenos Aires. Descargado de <http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informes/informes/> el 18/08/2016.

Pande S., A. Padhye, P. Deshpande, A. Ponkshe, P. Pandit, A. Pawashe, S. Pednekar, R. Pandit & P. Deshpande. 2013. Avian collision threat assessment at ‘Bhambarwadi Wind Farm Plateau’ in northern Western Ghats, India. *Journal of Threatened Taxa* 5(1): 3504–3515; doi:10.11609/JoTT.o3096.210.

Sarasola, J. H., M. A. Santillán & M. A. Galmes. 2007. Comparison of food habits and prey selection of the white-tailed kite, *Elanus leucurus*, between natural and disturbed areas in central Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 42(2): 85–91.

SAyDS. 2008. El avance de la frontera agropecuaria y sus consecuencias. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Jefatura de Gabinete de Ministros, Buenos Aires.

Taylor D.A.R. & M.D. Tuttle. 2007. Water for wildlife. A handbook for ranchers and range managers. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.

Tuttle, C.C., & T. Theimer. 2006. Potential effects of livestock water-trough modifications on bats in northern Arizona. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3): 602-608.

## Anexo

**Tabla 1.** Abreviaciones utilizadas para hacer referencia a las variables explicativas involucradas en los modelos confeccionados.

<b>Variable explicativa</b>	<b>Abreviación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Niveles</b>
Estación del año	Est	Estaciones del año	Primavera, verano, otoño e invierno
Ambiente	Amb	Tipo de ambiente circundante a los tanques	Bosque, arbustal y pastizal
Nivel de agua	Niv	Descrito a partir del borde libre (distancia entre la superficie del agua y el borde del tanque)	Bajo y alto
Terraplén	Terr	Distancia externa desde el borde del tanque al suelo	Bajo y alto
Rampa de rescate	Ram	Tratamiento aplicado	Cero, uno y dos

**Tabla 2.** Número total de individuos de fauna silvestre involucrados en los incidentes de ahogamiento en 90 reservorios de agua monitoreados en el área de estudio.

<b>Clase</b>	<b>Orden</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos</b>
<b>Aves</b>				<b>544</b>
	Tinamiformes	<i>Nothura darwinii</i>	Inambú pálido	1
	Falconiformes	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila mora	1
	Falconiformes	<i>Milvago chimango</i>	Chimango	1
	Falconiformes	<i>Caracara plancus</i>	Carancho	5
	Falconiformes	<i>Falco sparverius</i>	Halconcito colorado	1
	Strigiformes	<i>Asio flammeus</i>	Lechuzón de campo	1
	Strigiformes	<i>Athene cunicularia</i>	Lechucita de las vizcacheras	2
	Columbiformes	<i>Columbina picui</i>	Torcacita común	2
	Columbiformes	<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza común	1
	Columbiformes	<i>Columba picazuro</i>	Paloma picazuró	1
	Columbiformes	<i>Columba maculosa</i>	Paloma manchada	1
	Psittaciformes	<i>Myiopsitta monachus</i>	Cotorra	2
	Caprimulgiformes	<i>Hydropsalis brasiliiana</i>	Atajacaminos tijera	1
	Cuculiformes	<i>Guira guira</i>	Pirincho	1

Clase	Orden	Nombre científico	Nombre común	Individuos
	Passerifomes	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Churrinche	3
	Passerifomes	<i>Anairetes parulus</i>	Cachudito pico corto	1
	Passerifomes	<i>Myiodynastes maculatus</i>	Benteveo rayado	1
	Passerifomes	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Benteveo común	1
	Passerifomes	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suirirí real	1
		<i>Empidonomus</i>		
	Passerifomes	<i>aurantioatrocristatus</i>	Tuquito gris	1
	Passerifomes	<i>Mimus saturninus</i>	Calandria grande	12
	Passerifomes	<i>Mimus triurus</i>	Calandria real	13
	Passerifomes	<i>Sicalis flaveola</i>	Jilguero dorado	1
	Passerifomes	<i>Sicalis luteola</i>	Misto	19
	Passerifomes	<i>Saltatricula multicolor</i>	Pepitero chico	1
	Passerifomes	<i>Poozpiza ornata</i>	Monterita canela	88
	Passerifomes	<i>Poozpiza torquata</i>	Monterita de collar	27
	Passerifomes	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	106
	Passerifomes	<i>Gubernatrix cristata</i>	Cardenal amarillo	3
	Passerifomes	<i>Diuca diuca</i>	Diuca común	5
	Passerifomes	<i>Embernagra platensis</i>	Verdón	6
	Passerifomes	<i>Saltator aurantirostris</i>	Pepitero de collar	2
	Passerifomes	<i>Molothrus rufoaxillaris</i>	Tordo pico corto	2
	Passerifomes	<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo renegrado	3
	Passerifomes	<i>Agelaioides badius</i>	Tordo músico	3
	Passerifomes	<i>Sturnella loyca</i>	Loica común	67
	Passerifomes	<i>Carduelis magellanica</i>	Cabecitanegra común	4
	Passerifomes	<i>Indeterminado</i>	-	153
<b>Mamíferos</b>				<b>66</b>
	Artiodactyla	<i>Cervus elaphus</i>	Ciervo colorado	3
	Artiodactyla	<i>Sus scrofa</i>	Jabalí	5
	Carnivora	<i>Lycalopex griseus</i>	Zorro gris	6
	Carnivora	<i>Leopardus geoffroyi</i>	Gato montés	3
	Cingulata	<i>Chaetophractus vellerosus</i>	Peludo	3
	Carnivora	<i>Conepatuys chinga</i>	Zorrino	4
	Rodentia	<i>Lagostomus maximus</i>	Vizcacha	1
	Carnivora	<i>Galictis cuja</i>	Hurón menor	1
	Rodentia	<i>Microcavia australis</i>	Cuis	5
	Rodentia	<i>Ctenomys sp.</i>	Tuco-tuco	3
	Rodentia	<i>Indeterminado</i>		29
	Chiroptera	<i>Indeterminado</i>	Murciélago	2
	Lagomorpha	<i>Lepus europaeus</i>	Liebre europea	1
<b>Reptiles</b>				<b>2</b>
	Squamata	<i>Indeterminado</i>	Culebra	1
	Squamata	<i>Indeterminado</i>	Lagartija	1
<b>TOTAL</b>				<b>612</b>



**Tabla 3.** Coeficientes, error estándar y valores de significancia de las variables involucradas en el modelo seleccionado para explicar la ocurrencia de ahogamientos de aves silvestres.

	Coeficiente	Error estándar	Valor z	Pr (>  z )
(Intercepto)	-3.41	0.52	-6.57	5.18e-11 ***
Bosque	-0.07	0.33	-0.20	0.84
Pastizal	-1.06	0.37	-2.85	0.004 **
Nivel bajo agua	1.00	0.34	2.94	0.003 **
Otoño	0.43	0.40	1.80	0.29
Primavera	1.78	0.36	4.92	8.52e-07 ***
Verano	2.14	0.36	5.99	2.13e-09 ***
1 Rampa	-0.59	0.34	-1.73	0.08
2 Rampas	-0.75	0.34	-2.21	0.027 *

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Tabla 4.** Coeficientes, error estándar y valores de significancia de las variables involucradas en el modelo seleccionado para explicar la ocurrencia de ahogamientos de mamíferos silvestres.

	Coeficiente	Error estándar	Valor z	Pr (>  z )
(Intercepto)	-5.20	0.59	-8.69	<2e-16 ***
Bosque	1.72	0.61	2.85	0.004 **
Pastizal	0.78	0.65	1.21	0.23
Terraplén alto	1.86	0.40	4.63	3.75e-06 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1