



UNIVERSIDAD DE CHILE -FACULTAD DE CIENCIAS -ESCUELA DE PREGRADO

**DESARROLLO DE UN MODELO CONCEPTUAL DE LA  
DINÁMICA TEMPORAL DE LA ESPECIE PATO RINCONERO  
(*HETERONETTA ATRICAPILLA*) EN LA LAGUNA LA FARFANA  
(REGIÓN METROPOLITANA, CHILE)**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con mención en medio Ambiente

**JAIME HUMBERTO CARO VERA**

Dr. Víctor H. Marín  
Director del Seminario de Título

Dra. Luisa E. Delgado  
Co-Directora de Seminario de Título

AGUAS ANDINAS S.A.  
Patrocinante

Octubre, 2018

Santiago – Chile

**ESCUELA DE PREGRADO – FACULTAD DE CIENCIAS – UNIVERSIDAD DE CHILE**



**INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO**

**Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el Sr. Jaime Caro Vera**

**“DESARROLLO DE UN MODELO CONCEPTUAL DE LA DINÁMICA TEMPORAL DE LA ESPECIE PATO RINCONERO (HETERONETTA ATRICAPILLA) EN LA LAGUNA LA FARFANA (REGIÓN METROPOLITANA, CHILE)”**

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de **Biólogo con mención en Medio Ambiente**

**Director Seminario de Título:** \_\_\_\_\_

**Comisión Revisora y Evaluadora**

**Presidente Comisión:** \_\_\_\_\_

**Evaluador:** \_\_\_\_\_

Santiago de Chile, .....

## Biografía



Jaime Humberto Caro Vera nació el 29 de agosto de 1989 en la comuna de Quinta Normal, donde creció junto a su hermana Shirley, sus primas y sus padres Jaime Caro Leyton y Doris Vera Maldonado. Desde pequeño desarrolló su pasión por la naturaleza y los animales, aprendiendo datos interesantes para compartir con su familia y amigos. Cursó su enseñanza escolar en el Liceo Ruiz Tagle, en Estación Central, para luego entrar a estudiar Medicina Veterinaria en la Universidad de Chile. Debido a que sus intereses se enfocaban más en el estudio de la fauna nativa y la conservación del medio ambiente, abandonó la carrera e ingresó a Biología Ambiental en la misma institución, donde además actualmente cursa el programa de Magister en Ciencias Biológicas. Entre sus aficiones se encuentra el senderismo, aprovechando cada instancia que encuentra para recorrer los lugares más recónditos del país.

## **Dedicatoria**

Se la dedico a mis padres, motores fundamentales de este largo viaje y modelos excelentes de cómo ser persona.

## **Agradecimientos**

En el trayecto de este largo camino, he sido apoyado por muchas personas a las que se me hace necesario agradecer.

El proyecto de investigación solo fue posible de realizar gracias al apoyo constante del LME, principalmente del Dr. Víctor Marín y la Dra. Luisa Delgado, no es fácil encontrar profesores con los que uno sienta que se ponen la camiseta por uno y de eso estaré eternamente agradecido.

También me gustaría agradecer a mi familia, mis padres, mi hermana, mis tíos y mis primas, quienes me han apoyado desde el momento en que nací hasta el largo viaje que significa terminar el ciclo universitario, sus consejos, sus charlas, su presencia, y todo lo significa tener un núcleo familiar cercano y con mucho cariño de por medio.

Finalmente me gustaría agradecer a mis amigos, muchos me han apoyado en esta etapa, agradecer a Jorge que me lleva acompañando y apoyando ya por 20 años, a mi gente de veterinaria (particularmente a Pedro y Corina), a Daniela M., al club de ciencias (principalmente a Matías), a lo que va quedando de ELM (no puedo mencionarlos porque siguen siendo muchos), entre otros más.

Por todo el apoyo, el cariño y la paciencia, muchas gracias, los llevare siempre en mis pensamientos.

## INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Humedales naturales y artificiales .....	1
1.2 El pato rinconero .....	2
1.3 La laguna La Farfana .....	4
1.4 La modelización ecológica .....	5
1.5 Planteamiento del problema .....	7
1.6 Hipótesis.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo General.....	9
2.2 Objetivos específicos .....	9
3. METODOLOGÍA .....	9
3.1 Área de estudio .....	10
3.2 Caracterización área .....	11
Descripción ecológica.....	11
Descripción climática y características de la laguna .....	13
Manejo y presencia antrópica.....	13
3.3 Mediciones de decibeles .....	14
3.4 Datos meteorológicos.....	14

3.5	Datos de calidad de agua .....	15
	Datos fisicoquímicos de la laguna.....	15
	Diversidad y abundancia de invertebrados acuáticos .....	16
	Registros de algas filamentosas .....	17
3.6	Datos de la comunidad aviar.....	18
3.7	Entrevistas y encuesta socio-ecológica.....	18
3.8	Identificación y caracterización de lagunas cercanas, como hábitat para la especie .....	20
3.9	Análisis estadístico de los datos .....	21
3.10	Modelo teórico .....	23
	Supuestos del modelo: .....	25
4.	RESULTADOS.....	27
4.1	Medición de decibeles.....	27
4.2	Relación pato rinconero con procesos de extracción de algas.....	28
4.3	Estado trófico de la laguna.....	29
4.4	Datos meteorológicos.....	32
4.5	Datos de calidad de agua .....	33
	Datos fisicoquímicos de la laguna.....	33
	Diversidad y abundancia de invertebrados acuáticos .....	34
4.6	Datos de comunidad aviar .....	35
4.7	Entrevistas y encuesta socio-ecológica.....	37

4.8	Identificación y caracterización de lagunas cercanas, como hábitat para la especie .....	39
4.9	Comparación entre las abundancias de pato rinconero en la laguna La Farfana y El Peral.....	41
4.10	Análisis de componentes principales.....	42
4.11	Modelo teórico .....	46
	Supuestos del modelo: .....	48
5.	DISCUSIÓN.....	50
5.1	La especie .....	50
5.2	Humedales artificiales y laguna La Farfana.....	50
5.3	Modelación ecológica.....	54
6.	CONCLUSIÓN.....	56
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
	ANEXO .....	64



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condición de orilla con respecto a la vegetación en las estaciones de muestreo (ver Figura 2).....	12
Tabla 2. Características meteorológicas de la zona usadas en el estudio con su unidad de medida.....	15
Tabla 3. Características fisicoquímicas de la laguna usadas en el estudio con sus unidades de medición y método de obtención.....	16
Tabla 4. Registros de extracción de algas filamentosas para la laguna La Farfana. ....	17
Tabla 5. Criterio de estado trófico para lagos. ....	17
Tabla 6. Leyenda de los símbolos usados en el programa Stella con su significado.....	25
Tabla 7. Valores promedio de los decibeles de las 7 estaciones de muestreo para las condiciones medidas. ....	27
Tabla 8. Cantidad de meses para cada uno de los estados tróficos que presentó la laguna. ....	32
Tabla 9. Resultados de la correlación de Spearman del pato rinconero con respecto a las características meteorológicas (mas mes y año) presentes en la laguna La Farfana. ....	33
Tabla 10. Resultados de la correlación de Spearman para el pato rinconero con respecto a las condiciones fisicoquímicas de la laguna La Farfana. ....	33
Tabla 11. Resultados de la correlación de Spearman para el pato rinconero con respecto a los invertebrados acuáticos presentes en la laguna La Farfana. ....	34
Tabla 12. Resultados de la correlación de Spearman para el pato rinconero con respecto y las demás especies de aves presentes en la laguna La Farfana. ....	35
Tabla 13. Cuadro comparativo entre las lagunas visitadas.....	40
Tabla 14. Varianza y porcentaje de varianza explicado por los componentes principales con rotación del PCA para los datos de La Farfana.....	44
Tabla 15. Varianza y porcentaje de varianza explicado por los componentes principales del PCA con respecto a la comunidad aviar en La Farfana. ....	45

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Región Metropolitana.....	10
Figura 2. Imagen satelital de la laguna La Farfana .....	11
Figura 3. Mapa de la ubicación de lagunas visitadas.....	21
Figura 4. Modelo conceptual teórico inicial para la población de pato rinconero en laguna La Farfana.....	23
Figura 5. Comparación de la abundancia de pato rinconero con respecto a los eventos de extracción de algas.....	28
Figura 6. Niveles de fósforo (P) medidos en la laguna La Farfana durante los años del estudio. ....	29
Figura 7. Niveles de clorofila $\alpha$ medidos para la laguna durante los años del estudio. ...	30
Figura 8. Niveles de nitrógeno total de Kjeldhal (NTK) para la laguna L Farfana durante los años del estudio. ....	31
Figura 9. Resultados para la pregunta ¿Ha visto perros en los alrededores de la laguna?, en base al tiempo trabajado en la planta (< 1 año, entre 1 y 5 años y sobre 5 años) .....	39
Figura 10. Comparación de las abundancias de pato rinconero para el periodo 2011-2017 entre la laguna La Farfana y la laguna El Peral. ....	42
Figura 11. PCA para la laguna La Farfana .....	43
Figura 12. PCA para las aves presentes en la laguna La Farfana.....	45
Figura 13. Modelo conceptual teórico para la especie pato rinconero en la laguna La Farfana. ....	47

## ABREVIATURAS

CONAF: Corporación Nacional Forestal

DFID: Department For Internacional Development

PRPA: Pato rana de pico ancho

PCA: Principal Component Analisis

NTK: Nitrógeno Total de Kjeldahl

P: Fósforo

RM: Región Metropolitana

PTAS: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas

PRINCONERO: Pato rinconero

PP: Precipitaciones

WS: Velocidad del viento

WD: Dirección del viento

RS: Radiación

TEMP: Temperatura

TEMPL: Temperatura laguna

RS: Radiación

HR: Humedad relativa

YEAR: Año

PREAL: Pato real

PCUCHARA: Pato cuchara

TFRENTEROJA: Tagua de frente roja

TCHICA: Tagua chica

PGARGANTILLO: Pato gargantillo

PRPD: Pato rana de pico delgado

GFANKLIN: Gaviota franklin

GCAHUIL: Gaviota cahuil

GCUCA: Garza cuca

GCHICA: Garza chica  
COLIFORMES: Coliformes fecales  
CLOROFILAA: Clorofila a  
PJERGONC: Pato jergón chico  
PJERGONG: Pato jergón grande  
GBOYERA: Garza boyera  
CCUELLONEGRO: Cisne de cuello negro  
GDOMINICANA: Gaviota dominicana  
PCOLORADO: Pato colorado

## RESUMEN

Los humedales artificiales y restaurados han llegado a ser considerados como zonas de gran importancia para las aves migrantes; así, estos ecosistemas creados por el ser humano son rápidamente colonizados por las aves dado que generan hábitats alternativos. Sin embargo, estos no logran desarrollar completamente los procesos e interacciones que los humedales naturales generan. De ahí la necesidad de comprender las relaciones que existen entre su estructura y los procesos ecosistémicos en relación a los objetivos para los cuales son creados (e.g. conservación de aves). Los modelos conceptuales son herramientas que permiten visualizar las relaciones entre estructura y procesos de manera rápida y didáctica, pudiendo contribuir así a la gestión pública y/o empresarial. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo teórico de la abundancia de la especie pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*), ave parásita y de carácter parcialmente migratorio, y determinar cuáles son los principales factores que permiten determinar su abundancia en una laguna artificial localizada en La Farfana, localidad de la comuna de Maipú, Santiago, Chile. Para ello, se trabajó con los registros de la comunidad aviar de la laguna, las condiciones meteorológicas de la zona y las condiciones fisicoquímicas de la laguna entre los años 2011 y 2017; además se realizó una encuesta socio-ecológica a los trabajadores del lugar. Los resultados muestran que el ave en esta laguna presenta como principal factor de su abundancia el alimento presente, y que las especies comúnmente asociadas a su presencia, que corresponden a aves usadas como hospederos de sus huevos, no inciden en esta. Así, la especie presenta requerimientos diferentes en los ecosistemas utilizados como zonas de forrajeo; ello permite determinar el valor de humedales artificiales bien desarrollados en la ecología de especies de aves.

## ABSTRACT

Artificial and restored wetlands have become zones of high importance for migratory birds; thus, these human-made ecosystems are rapidly colonized by birds since they provide alternative habitats. Yet, they do not develop the full processes and interactions of natural wetlands. Therefore, there is a need to understand the relations between their structure and ecosystem processes in relation to the objective of its creation (e.g. bird's conservation). Conceptual models are tools that allow visualizing the relationships between structure and processes in a fast and didactic way, contributing to public and enterprising management. The objective of this work was to develop a theoretical model of the abundance of the bird species "pato rinconero" (*Heteronetta atricapilla*), a parasite and partially migratory species, and to determine the main factors of its abundance in an artificial lagoon located in La Farfana, locality within the Maipú commune, Santiago, Chile. The work was accomplished using the lagoon's bird's registry and its physical-chemical conditions between the years 2011 and 2017. Furthermore, a social-ecological survey was developed to the people working in the area. Results show that food abundance is the main factor explaining the abundance of the species in the lagoon, and that other species commonly associated to its abundance, corresponding to egg-hosting species, do not play a role. Consequently, the species show different requirements on ecosystems utilized as foraging areas; this allows to determine the value of well-developed artificial wetlands in the ecology of bird species.

## 1. INTRODUCCION

Los humedales son ecosistemas utilizados por las aves migrantes. En ellos, encuentran albergue, alimento, y zonas de reproducción. Debido al cambio de uso de suelo por causas antrópicas, los humedales han disminuido a escala global. Es por ello, que los humedales artificiales tienen un rol de importancia para algunas especies de aves. Por ello, es necesario asegurar que el humedal construido, se desarrolle teniendo en cuenta las necesidades ecológicas de las especies a conservar. Para especies como el pato rinconero, los humedales artificiales como la laguna La Farfana podrían estar cumpliendo alguna de sus necesidades ecológicas. Desde esta perspectiva, la modelización ecológica teórica permite una mirada integral, y a la vez simplificada, de una especie y sus interacciones en el ecosistema. El objetivo general de este seminario de título fue desarrollar un modelo teórico de la especie *Heteronetta atricapilla* en la laguna La Farfana, con el propósito de analizar si el ecosistema generado satisface sus necesidades ecológicas.

### 1.1 Humedales naturales y artificiales

Los humedales, según la Convención Ramsar (Ramsar, 1971), corresponden a “zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él, y donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas”. A la vez, aplica un criterio de clasificación de los humedales, diferenciándolos en cinco tipos principales: humedales marinos, estuarinos, lacustres, ribereños y palustres, agregando la categoría de humedales artificiales.

Los humedales son zonas de vital importancia para la fauna a nivel global, principalmente para aves migrantes y acuáticas, las que los utilizan como zonas de forrajeo, crianza o descanso. Estos ecosistemas, a escala global, han sido reducidos drásticamente debido a cambios de uso del suelo, estimándose una pérdida de entre 54% y 57% a nivel mundial (Davidson, 2014).

Los humedales artificiales y restaurados han llegado a ser considerados en la Convención Ramsar como zonas de gran importancia para las aves migrantes, y se ha visto que los ecosistemas creados por el hombre son rápidamente colonizados por las aves (Ritter & Sweet, 1993; Paxton *et al.*, 2018), dado que generan hábitats alternativos y complementarios para estos (Leschisin *et al.*, 1992; Hamdi & Ismail-Hamdi, 2014). Sin embargo, estos no logran cumplir completamente los procesos e interacciones de los humedales naturales, determinando diferencias en la diversidad y abundancia de la comunidad aviar que presentan (Snell-Rood & Cristol, 2003). Aún así, los humedales artificiales ayudan a mitigar el impacto generado por la disminución de los humedales naturales a nivel global, transformándolos en factores importantes de conservación de las especies (Afdhal *et al.*, 2012).

## **1.2 El pato rinconero**

El pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*), también conocido como pato de cabeza negra, es un ave nativa poco abundante en Chile, de la familia Anatidae, orden de los Anseriformes y monotípica para el género *Heteronetta*<sup>1</sup>. La especie presenta dimorfismo

---

<sup>1</sup> [www.avesdechile.cl/263.htm](http://www.avesdechile.cl/263.htm)



sexual, con una hembra de coloración café oscuro uniforme de su plumaje y un macho con plumas de color negro en su cuello y cabeza además de un pico color azul grisáceo (Couve *et al.*, 2016). La especie presenta una mayor actividad crepuscular, ocupando la mitad del día para descansar (Rees, 1984). Su reproducción tiene la característica de un parasitismo completo, necesitando la presencia de nidos de aves hospederas para la postura de sus huevos, pato único con este tipo de comportamiento (Weller, 1968; Rees, 1984; Lyon & Eadie, 2004; Cofré, 2007). Se ha determinado este parasitismo para 23 especies de aves (Cabrera, 2016), de las cuales 14 se encuentran presentes en Chile, entre las que se destacan la tagua común (*Fulica armillata*), la tagua de frente roja (*Fulica rufifrons*), el pato negro (*Netta peposaca*) y el huairavo (*Nycticorax nycticorax*), especies con las cuales se ha encontrado una fuerte correlación positiva entre su presencia y la abundancia del pato rinconero (Cofre, 2007). Sus crías luego de nacer presentan hábitos nidífugos; es decir, no reciben cuidado parental de las aves hospederas (Weller, 1968), juntándose en grupos de varios individuos.

Su hábitat corresponde a cuerpos de agua dulce permanentes o semipermanentes, con gran cantidad de vegetación emergente, especialmente juncos (*Scirpus sp.*) y alfombras flotantes de especies vegetales (Weller, 1967; Hohn, 1975), lo cual solo ha sido correlacionado estadísticamente con su "nidificación" (Cofré, 2007). En ellos encuentra su alimento, el cual obtiene mediante buceo, consistiendo en pequeños invertebrados, principalmente moluscos, semillas y una fracción vegetal (Beltzer y Mosso, 1992; Tala, 2015; Carboneras, 1992; Weller, 1967).

El ave presenta un carácter parcialmente migratorio, encontrándose en Chile desde el sur de Coquimbo hasta Osorno de manera estable y como residente migratorio en humedales al norte del Estrecho de Magallanes. A nivel global, se encuentra presente

en Argentina, Uruguay, Bolivia, en las regiones bajas de Paraguay y el sureste de Brasil (Couve *et al.*, 2016; Carboneras 1992). Se ha descrito postura de huevos para la especie solo en Chile, Argentina y Paraguay (Weller, 1967) la que ocurre en un amplio rango temporal (entre agosto y febrero), dado que la especie debe sincronizarla con los periodos de nidificación de sus hospederos (Carboneras, 1992; Cabrera, 2016).

Su categoría de conservación corresponde al de preocupación menor<sup>2</sup> (LC = least concern), por no cumplir con los criterios para la categoría de vulnerabilidad, dado a que la especie presenta una amplia área de distribución y una población que pareciera ser estable que se encuentra entre los 10.000 y 25.000 ejemplares<sup>3</sup>. Su tendencia poblacional pareciera ser muy concentrada, ya que un 75% de su población para Chile central durante los años 1993 y 1998 se encontró en solo dos lagunas: la laguna el Rey del humedal de El Yali y el tranque San Rafael cercano al humedal de Batuco (Cofre, 2007).

### **1.3 La laguna La Farfana**

La laguna La Farfana es un pequeño humedal (superficie < 8 hectáreas) creado en las instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable Santiago Poniente de la empresa Aguas Andinas el año 2003, como medida de compensación por la eliminación de lagunas aerobias interconectadas, parte del tratamiento de aguas servidas. En ellas, desde su instalación en el año 1993, se generó una rápida colonización por parte de aves marinas (EMOS 2000). Con la creación de la nueva laguna, se mantuvo la

---

<sup>2</sup> [www.iucnredlist.org/details/22679833/0](http://www.iucnredlist.org/details/22679833/0)

<sup>3</sup> [wpe.wetlands.org](http://wpe.wetlands.org)

presencia de aves acuáticas, existiendo variaciones en la composición de la comunidad aviar presente. La principal diferencia con respecto a la actual laguna es que sus aguas provienen de napas subterráneas y el área en donde se encuentra está determinada de manera específica para el albergue y protección de las especies visitantes. Según la clasificación Ramsar, la laguna corresponde a un humedal artificial del tipo estanque artificial y las previas lagunas de aireación a un humedal artificial del tipo áreas de tratamiento de aguas servidas.

#### **1.4 La modelización ecológica**

La modelización ecológica corresponde a una herramienta usada para trabajar en temas complejos, como la ecología de ecosistemas, donde se realiza una representación simplificada del sistema a estudiar y se identifican las principales variables que, según el modelador, permiten entender su funcionamiento e interrelaciones. Un modelo, para los fines de este seminario de título, se entenderá como un esquema teórico de un sistema o realidad compleja, el cual es generado para facilitar su comprensión y estudiar su comportamiento (Jopp *et al.*, 2011). Como el modelador determina que variables va a agregar al modelo, habrá tantos modelos sobre un mismo ecosistema como modeladores, ya que la realidad pueda ser vista de distintas maneras acorde a la perspectiva de cada observador (Marín & Delgado, 2008).

La generación de un modelo teórico permite sentar las bases para comprender de manera simplificada el funcionamiento de un ecosistema. Ello resulta necesario para ejecutar algún tipo de medidas sobre los mismos, como podrían ser determinar los puntos sensibles para la conservación de una especie, determinar los parámetros más incidentes en la abundancia de una especie, o llevarlo a un modelo numérico entre otros.

Ejemplos de trabajos en ecología hay varios, encontrando modelos que intentan explicar fenómenos como la desaparición de plantas acuáticas (e.g. Marín *et al.*, 2009).

Los modelos conceptuales son un esquema que representa de forma simplificada, como se piensa que funciona un sistema; es decir, es una representación de la estructura del sistema, en términos de reservorios o componentes (cajas) y procesos o interacciones (flechas). Estos modelos son escritos como diagramas con el objetivo de organizar la información y el conocimiento científico y social, para así facilitar la comprensión del sistema (Marín *et al.*, 2015).

## 1.5 Planteamiento del problema

El pato rinconero es la única especie de pato que presenta un parasitismo completo para la puesta de sus huevos (Weller, 1968; Rees, 1984; Lyon & Eadie 2004; Cofré, 2007), lo que la hace interesante para su modelización ecológica. Su situación de conservación para la zona central de Chile es incierta, existiendo pocos estudios. La laguna El Rey, del humedal El Yali, se consideró uno de los lugares de mayor concentración de la especie para el país (Cofré, 2007). Sin embargo, en la actualidad se encuentra completamente seca, presumiblemente desde el año 2010<sup>4</sup> luego que esta sufriera severos daños a consecuencia del terremoto; como consecuencia la especie desapareció del humedal, no encontrándose en los registros de diversidad presentados por CONAF para la zona. El humedal de Batuco también ha sido considerado una de las zonas de alta concentración de la especie a nivel global (Quantitativa, 2008). El año 2005 ocurrió una alta mortandad de aves, entre los cuales se encontraban individuos de pato rinconero, debido a un brote de botulismo que también afectó a lagunas cercanas, como el tranque San Rafael, presente en los terrenos de la planta de tratamiento de aguas servidas La Cadellada<sup>5</sup>, zona donde la especie presenta los mayores registros de avistamientos en plataformas cooperativas como eBirds<sup>6</sup>. Debido a la intervención humana, el humedal de Batuco ha sido considerado como con daño severo (CONAMA, 2010). Por tanto, la presencia del ave en un humedal artificial (como el de La Farfana) podría tener un alto impacto en las poblaciones presentes en la zona central de Chile,

---

<sup>4</sup> [www.conaf.cl/autoridades-se-comprometen-a-proteger-el-humedal-el-yali/](http://www.conaf.cl/autoridades-se-comprometen-a-proteger-el-humedal-el-yali/)

<sup>5</sup> [www.avesdechile.cl/sesalva.htm](http://www.avesdechile.cl/sesalva.htm)

<sup>6</sup> <https://ebird.org/camerica/hotspot/L502857?yr=all&m=&rank=hc>

donde no hay una gran cantidad de ecosistemas para aves marinas y la mayoría de ellos se encuentra con algún grado de deterioro.

Por ello, se propuso analizar los factores que inciden en las variaciones que ha presentado la abundancia de la especie en la laguna La Farfana entre los años 2011 y 2017. Para esto, se consideraron los cambios en las condiciones meteorológicas del lugar, la calidad del agua de la laguna y la comunidad aviar presente.

Se propone, que la modelización teórica es una buena alternativa para determinar cómo distintos factores pueden afectar el tamaño poblacional del pato rinconero en la laguna La Farfana, contribuyendo así al conocimiento de la especie y las relaciones que esta presenta con los componentes de un ecosistema artificial, como contribución a la conservación de la especie en el país. En este seminario de título se desarrolló un modelo teórico cuyo objetivo fue explicar la variación en el tiempo de la abundancia de la especie pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*) en la laguna artificial La Farfana.

### **1.6 Hipótesis**

Las variaciones temporales en la abundancia del pato rinconero en la laguna La Farfana pueden ser explicadas por cambios de las condiciones meteorológicas, la calidad del agua y por las presencias de otras especies de aves.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Generar un modelo teórico, a través de una aproximación poblacional-comunitaria, de la especie *Heteronetta atricapilla* en la laguna La Farfana.

Objetivos específicos

- 1.- Analizar los datos para la zona de estudio entre los años 2011 y 2017.
- 2.- Calibrar la información sobre la ecología de la especie a través de entrevistas a actores clave (científicos).
- 3.- Describir hábitats visitados por la especie en la zona central de Chile.
- 4.- Desarrollar un modelo teórico inicial de “cajas y flujos” sobre el pato rinconero en la laguna La Farfana.

## 3. METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio, se trabajó con datos medidos por la empresa Aguas Andinas en las instalaciones de la laguna entre los años 2011 y 2017, que corresponden a datos sobre la comunidad aviar, las condiciones meteorológicas y las condiciones de la calidad de agua. Además, se consideró otros factores que podrían estar afectando en la incidencia del pato rinconero en la laguna, los cuales se determinaron en base a observaciones y mediciones en la laguna y áreas circundantes, entrevista a actores claves, encuesta a los trabajadores de la instalación de la planta de tratamiento y observaciones a otras lagunas hábitats para el ave.

### 3.1 Área de estudio

El área de estudio correspondió a la laguna La Farfana, ubicada en un terreno privado al interior de la planta de tratamiento de aguas servidas Santiago Poniente. Esta se encuentra presente en la Farfana (Maipú, Santiago) en las coordenadas 33°28'S, 70°47'W (Figura 1). La laguna presenta un espejo de agua de aproximadamente 7 hectáreas (datos entregados por Aguas Andinas), con dos islas en su interior. La zona en donde se encuentra se caracteriza por ser semi urbana, considerada como área de protección ecológica con desarrollo controlado (Plan regulador Metropolitano de Santiago, 2007). Para este estudio se realizó una sectorización de la laguna en base a 7 estaciones de mediciones, las cuales fueron escogidas en base a la factibilidad para tomar datos y la representatividad de hábitat que presentaron (Figura 2).

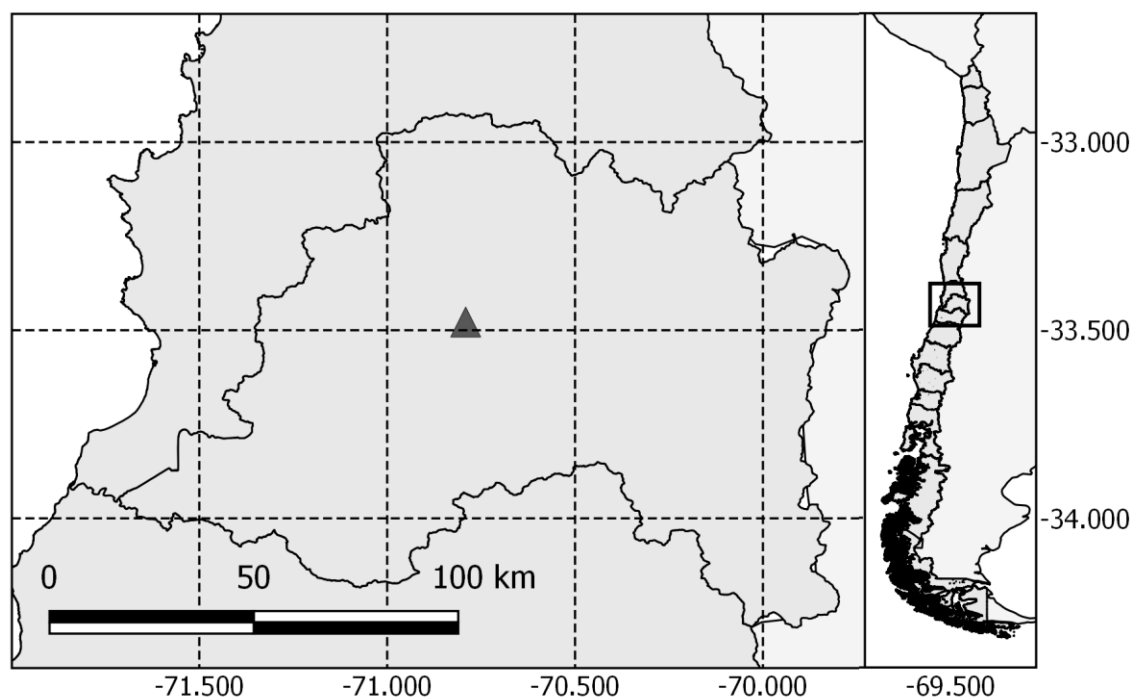


Figura 1. Mapa de la Región Metropolitana, donde en triángulo se muestra la ubicación de la laguna La Farfana, Maipú, Santiago.





Figura 2. Imagen satelital de la laguna La Farfana. Los distintos puntos señalados corresponden a los puntos de medición utilizados, siendo: 1) Estación la Casona; 2) Estación playa suroeste; 3) Estación salida de agua; 4) Estación abierta; 5) Estación playa este; 6) Estación de juncales; 7) Estación de entrada de agua.

### 3.2 Caracterización del área

#### *Descripción ecológica*

La laguna, desde su creación, presentó una rápida colonización por aves acuáticas, llegando a registrar 32 especies hasta el año 2017 (registros de aves entregados por la empresa), entre las que se encuentran aves como el pato gargantillo (*Anas bahamensis*), el pato cuchara (*Spatula platalea*) y el pato rinconero (*Heteronetta atricapilla*). Además, al humedal han llegado otras clases de vertebrados, entre las que destacan mamíferos nativos como el coipo (*Myocastor coipus*) y el quique (*Galictis cuja*), y reptiles como el lagarto llorón (*Liolaemus chiliensis*) y la culebra de cola larga (*Philodryas chamissonis*).

La vegetación presente en la zona es mixta, con presencia de especies nativas como guayacanes (*Porlieria chilensis*), espinos (*Acacia caven*) y sauces chilenos (*Salix*

*humboldtiana*) y especies introducidas para el país como eucaliptus (*Eucalyptus sp.*) y el espinillo (*Parkinsonia aculeata*).

Con respecto a la condición de orilla, esta se diferenció en tres categorías:

- A. Vegetación frondosa: Cubierta por especies vegetales terrestres, donde no es posible el acceso y la visibilidad es escasa.
- B. Herbáceas bajas o sin vegetación: Condición en la que se encuentra expuesta, permitiendo el acceso y su fácil visibilidad.
- C. Vegetación emergente: Alta cantidad de especies vegetales hidrófitas que sobresalen del agua, lo cual impide su acceso y su visibilidad.

La condición de orilla fue determinada en las estaciones de la Figura 2 y se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Condición de orilla con respecto a la vegetación en las estaciones de muestreo (ver Figura 2).

Estaciones	Condición de orilla
1-2	Vegetación frondosa / Con herbáceas bajas o sin vegetación
2-3	Vegetación frondosa
3-4	Vegetación frondosa / Con herbáceas bajas o sin vegetación
4-5	Vegetación frondosa
5-6	Vegetación frondosa
6-7	Vegetación frondosa / Vegetación emergente
7-1	Vegetación frondosa / Vegetación emergente

### *Descripción climática y características de la laguna*

La laguna se encuentra en una zona caracterizada por un clima mediterráneo semiárido templado interior con precipitaciones concentradas en el periodo invernal y tener influencias continentales de montaña y una dificultad en el ingreso de las influencias marinas dado la presencia de la cordillera de la costa (di Castri & Hajek, 1976). La vegetación está dominada por el espino (*Acacia caven*; di Castri & Hajek, 1976). El agua presente en la laguna se origina en napas subterráneas y la laguna presenta una profundidad máxima de 3 metros, correspondiendo a un cuerpo de agua somero.

### *Manejo y presencia antrópica*

Durante el estudio se pudo observar un manejo antrópico continuo, determinado por la mantención constante de la profundidad en base a flujos de agua que ingresan (estación n°7, Figura 2) y salen de la laguna (estación n°3, Figura 2), y por la mantención de la vegetación presente en los alrededores, lo que se realiza mediante sistemas de regadíos y podas. La presencia antrópica se encuentra restringida a los trabajadores encargados de la mantención (medición de condiciones de la calidad de agua, registro de la comunidad aviar, mantención de la vegetación cercana a la laguna y seguridad del perímetro) y a un recinto de operaciones administrativos (estación n°1, Figura 2). Además, durante los eventos de sobrepoblación de algas (espejo de agua cubierto por algas superior al 20%), se ejecuta un plan de extracción el cual es realizado con el ingreso de maquinaria a la laguna.

### **3.3 Mediciones de decibeles**

Se registró el nivel de los decibeles alrededor del perímetro de la laguna (áreas circundantes) mediante el uso de un sonómetro (modelo: quest 2800 impulsive integrating sound level meter) en las 9 estaciones de muestreo. Estos registros se realizaron en dos condiciones:

1. Condición perturbada: Momentos en que se presentaba contaminación acústica en la laguna por parte de la salida de aviones desde el aeropuerto cercano. Se registraba el decibel más alto determinado por el sonómetro.
2. Condición natural: Laguna sin eventos de perturbación por parte de aviones. Se registraba el decibel determinado por el sonómetro luego de una estabilización de 15 segundos.

Además, se consideró la presencia de una mina de extracción de pumacita presente en las cercanías de las estaciones 1 y 2, la cual presenta una alta perturbación realizada por maquinaria minera y eventos esporádicos realizados en la laguna (visitas a la laguna).

### **3.4 Datos meteorológicos**

Se recopiló la información registrada para la zona a través de una estación meteorológica perteneciente a la empresa ubicada en las instalaciones de la laguna, considerando 7 variables (Tabla 2). Los datos se usaron en base a sus promedios mensuales con excepción de las precipitaciones, las cuales se trabajaron en base a la sumatoria de precipitaciones mensuales.

Tabla 2. Características meteorológicas de la zona usadas en el estudio con su unidad de medida.

Parámetro	Unidad
Dirección del viento	Grados
Velocidad del viento	m/s
Humedad relativa	%
Precipitaciones	Mm
Presión atmosférica	Mb
Temperatura	°C
Radiación solar	w/s2

### 3.5 Datos de calidad de agua

Los datos de calidad de agua se diferenciaron en tres tipos: características fisicoquímicas, invertebrados acuáticos y sobrepoblación de algas.

#### *Datos fisicoquímicos de la laguna*

Se recopiló la información obtenida por parte de la empresa, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la laguna, los cuales son tomados en distintas estaciones dentro de la laguna. Para este estudio se consideraron 7 parámetros presentados en la Tabla 3, los cuales se obtuvieron mediante muestras superficiales bajo la superficie del agua de manera *in situ* y mediante el uso de una sonda multiparámetros o a través de mediciones en laboratorio para su análisis.

Tabla 3. Características fisicoquímicas de la laguna usadas en el estudio con sus unidades de medición y método de obtención.

Parámetro	Unidad	Método de medición
pH	-	Sonda multiparámetros
Temperatura	°C	Sonda multiparámetros
Alcalinidad total	mg/L	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, método SM 2320 B (2005)
Nitrógeno total de Kjeldahl	mg/L	SM 4500-Norg B-C
Oxígeno disuelto	mg/L	Sonda multiparámetros
Fósforo total	mg/L	ISO 11885
Coliformes fecales	NMP/100ml	SM 9221 E (2005)

#### *Diversidad y abundancia de invertebrados acuáticos*

Se trabajó con los datos registrados por la empresa, los que se obtuvieron mediante una medición por temporada para el año 2016 (marzo, mayo, agosto y noviembre), y dos mediciones por temporada para el año 2017 (febrero-marzo, mayo-junio, agosto-septiembre, noviembre-diciembre). Para la obtención de los datos, los invertebrados bentónicos fueron recolectados mediante una red (20 cm de aro, 250 µm de apertura de malla y 35 cm de profundidad) y los presentes en el zoobentos a través de la misma técnica con previa remoción de fondos a 30 cm de la red. Las muestras fueron almacenadas y fijadas en etanol para luego ser identificados mediante una lupa estereoscópica.

### Registros de algas filamentosas

Se trabajó con los registros y cantidad de extracción de algas verdes filamentosas entregados por parte de la empresa (Tabla 4).

Tabla 4. Registros de extracción de algas filamentosas para la laguna La Farfana.

Año	Meses	Extracción en kilos
2007	Enero; Octubre; Noviembre; Diciembre	338.650
2008	Enero; Febrero; Marzo; Abril	208.640
2009	Enero; Febrero; Marzo	31.940
2010	Marzo	7.250
2012	Marzo	Sin registro
2013	Abril	6.000
2014	Septiembre	11.390
2017	Febrero; Junio, Julio	18.160

Con respecto al crecimiento de las algas, se evaluó la condición del estado trófico de la laguna usando el criterio de clasificación de lagos (Tabla 5).

Tabla 5. Criterio de estado trófico para lagos.

Estado trófico	Fosforo total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Clorofila <i>a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Nitrógeno total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
Ultra-oligotrófico	<4	<1	---
Oligotrófico	<10	<2.5	<350
Mesotrófico	10-35	2.5-8.0	350-650
Eutrófico	35-100	8.0-25.0	650-1200
Hipereutrófico	<100	<25.0	<1200

### **3.6 Datos de la comunidad aviar**

Se trabajó con datos registrados por la empresa mediante censos mensuales, donde se determina la diversidad y abundancia de aves a través de avistamientos realizados en el perímetro de la laguna e instalaciones de la planta de tratamiento de agua potable. Estas mediciones incluyen solo las aves caracterizadas como especies acuáticas o que presenten un hábitat ligado a la laguna.

### **3.7 Entrevistas y encuesta socio-ecológica**

Se realizó una entrevista a un investigador, experto en estudios científicos de la especie pato rinconero. La entrevista es una técnica usada para la obtención de información, la cual se realiza mediante una conversación profesional, donde la información obtenida corresponde a datos objetivos y subjetivos del entrevistado (Sierra Bravo, 2003). La entrevista realizada correspondió al tipo estructurada y focal, por estar constituida por preguntas fijas y estar dirigida a personas que participan en una situación específica (en este caso el trabajo con la especie). La entrevista fue realizada mediante correo electrónico, y el cuestionario constó de 19 preguntas específicas sobre los ecosistemas en donde se encuentra presente la especie y sobre percepciones del investigador. El investigador entrevistado corresponde al Profesor e investigador, Luciano Segura, ornitólogo de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Además de la entrevista, se realizó una encuesta a los trabajadores de la planta de tratamientos de agua potable presente en La Farfana, para así lograr la obtención del conocimiento de los trabajadores del lugar (Anexo I). La obtención de información a través de las encuestas se entiende como la obtención de datos de interés ecológico, mediante la interrogación de miembros de la sociedad a través de la aplicación de estas.



Esta corresponde a un cuestionario que es un conjunto de preguntas (Sierra Bravo, 2003). El cuestionario usado en esta investigación corresponde a uno de carácter simple.

Las preguntas del cuestionario correspondieron a tres clases:

1. Cerradas, con respuestas Sí y No.
2. Abiertas con un abanico de respuestas predeterminadas
3. Abiertas sin respuestas predeterminadas.

La encuesta constó de 47 preguntas de variados temas, considerando los cambios en el área de la laguna y sus alrededores, percepción de las especies presentes en ella, efectos antrópicos y conocimiento ambiental.

Los resultados fueron analizados en base a dos características de los actores encuestados:

- 1) Tipo de labor que desarrollan en la zona, clasificándolos como actores claves (Científicos y administrativos de la planta) y actores secundarios (técnico de operaciones, técnico de instrumentación y técnicos electromecánicos), en base a definiciones de DFID (Department For Internacional Development, 2003).
- 2) Tiempo en que han trabajado en la zona, clasificándolos como trabajadores que llevan en las instalaciones de la laguna menos de un año, entre 1 y 5 años, y mayores a 5 años.

Estos datos se utilizaron como refuerzo para determinar factores no contabilizados en el modelo teórico inicial que podían estar incidiendo en la abundancia del pato rinconero en el lugar de estudio. La encuesta fue realizada a 33 personas, que corresponden al 30% de los trabajadores operativos de la empresa para las instalaciones de la planta, de un universo de 111 trabajadores (datos entregados por la empresa).

### **3.8 Identificación y caracterización de lagunas cercanas como hábitat para la especie**

Se visitaron tres lagunas por corresponder a ecosistemas visitados anualmente por la especie: laguna El Peral, el humedal de batuco y el tranque San Rafael (Quantitativa, 2008; Cofré 2007; registros de CONAF; registros de plataforma cooperativa eBirds), las cuales se encuentran en la zona central del país (Figura 3).

La visita consistió en recorridos al perímetro habilitado de las lagunas (dadas sus condiciones de acceso) con la obtención de material fotográfico, determinando la dimensión aproximada del espejo de agua, las dimensiones del área de humedal, la condición de orilla y de vegetación emergente y el nivel de agua. Además, se buscó en bibliografía los niveles de protección que presenta, su latitud, longitud, ubicación geográfica, clima y tipo de humedal que corresponde.

Para la laguna El Peral además se contó con los datos de diversidad y abundancia de aves registrados por CONAF que se obtuvieron en base a estaciones de conteo presentes en el humedal para las aves acuáticas y mediante transectos. En base a estos datos, se comparó la abundancia de pato rinconero con respecto a la laguna La Farfana.

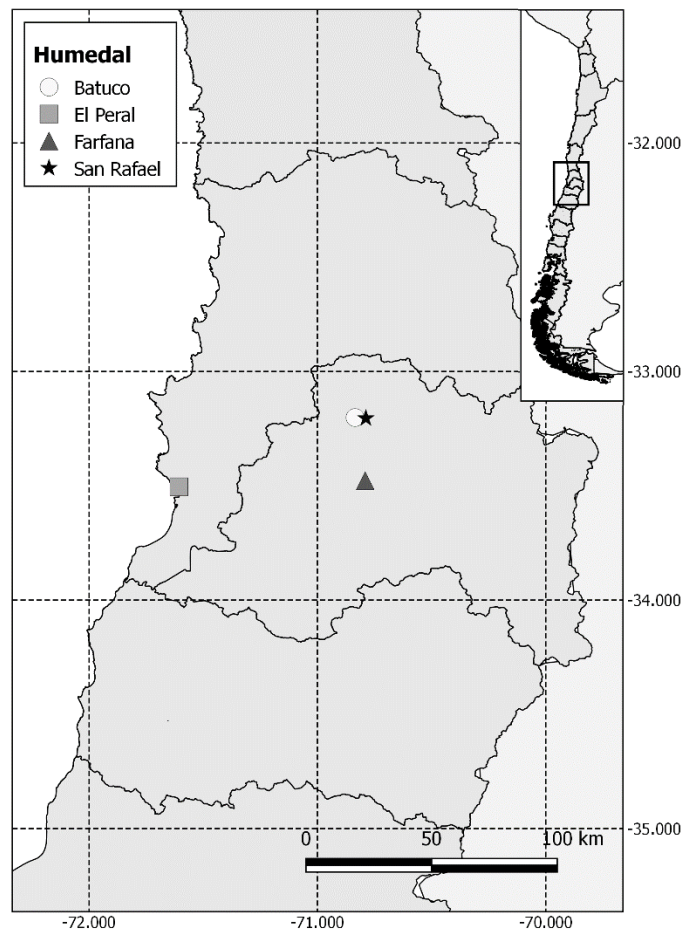


Figura 3. Mapa de la ubicación de lagunas visitadas. En donde ▲ corresponde a la laguna La Farfana, ★ el tranque San Rafael, ○ el humedal de Batuco y ■ la laguna El Peral.

### 3.9 Análisis estadístico de los datos

Para el análisis estadístico de los datos se siguió el protocolo determinado por Zuur (2010). Se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos de la comunidad aviar. Los resultados mostraron que los datos presentaban un comportamiento no normal, por lo que usó una transformación logarítmica en base 10 de los datos con la corrección  $\log(x+1)$ .

Con los datos obtenidos, se determinó el coeficiente de correlación de Spearman, método estadístico que permite determinar la asociación o interdependencia de dos variables aleatorias continuas, el cual se realizó con los parámetros analizados (meteorológicos, de calidad de agua de la laguna y de la comunidad aviar) con respecto a la abundancia de pato rinconero en la laguna. El valor crítico de P usado para este estudio correspondió a 0,05.

Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales (PCA), técnica estadística de síntesis de información utilizada para trabajar con un conjunto de datos. El primero de estos análisis consistió en el total de datos para la zona de la Farfana (datos meteorológicos, datos fisicoquímicos de la calidad de agua y datos de la comunidad aviar) y un segundo PCA con los datos de la diversidad y abundancia de aves para la zona de la Farfana. Para estos análisis el modelo fue realizado considerando los dos factores más relevantes, y se consideró un valor propio (eigenvalue) mínimo de 1. Además, se usó una rotación VARIMAX, redistribuyendo la varianza de los factores.

Con respecto a los datos de invertebrados acuáticos, las correlaciones se realizaron mediante el mismo método; pero al presentar una periodicidad diferente se trabajaron utilizando los datos de abundancia de aves correspondientes a los meses de las mediciones de los invertebrados. Ambos análisis estadísticos fueron realizados con el Software SYSTAT 13. Las encuestas realizadas a los trabajadores de la empresa fueron analizadas mediante el software SPSS V19 y para las cuales se realizó un ANOVA de una vía, considerando como valor crítico los valores de significancia bajo 0,05.

### 3.10 Modelo teórico

Basado en la hipótesis de trabajo, se generó un modelo teórico conceptual inicial (Figura 4), por medio del software iconográfico Stella, con respecto a los factores que estarían afectando la abundancia del pato rinconero en la laguna La Farfana. Estos se determinaron en base a la bibliografía para la especie y a datos obtenidos por la empresa previos a la toma de datos.

Para el desarrollo del modelo se utilizó una aproximación poblacional comunitaria. Esta considera a la especie objeto de estudio, (Ranta *et al.*, 2006), su ciclo de vida y los factores bióticos, abióticos y antrópicos que determinan su presencia en el ecosistema de estudio (la laguna la Farfana).

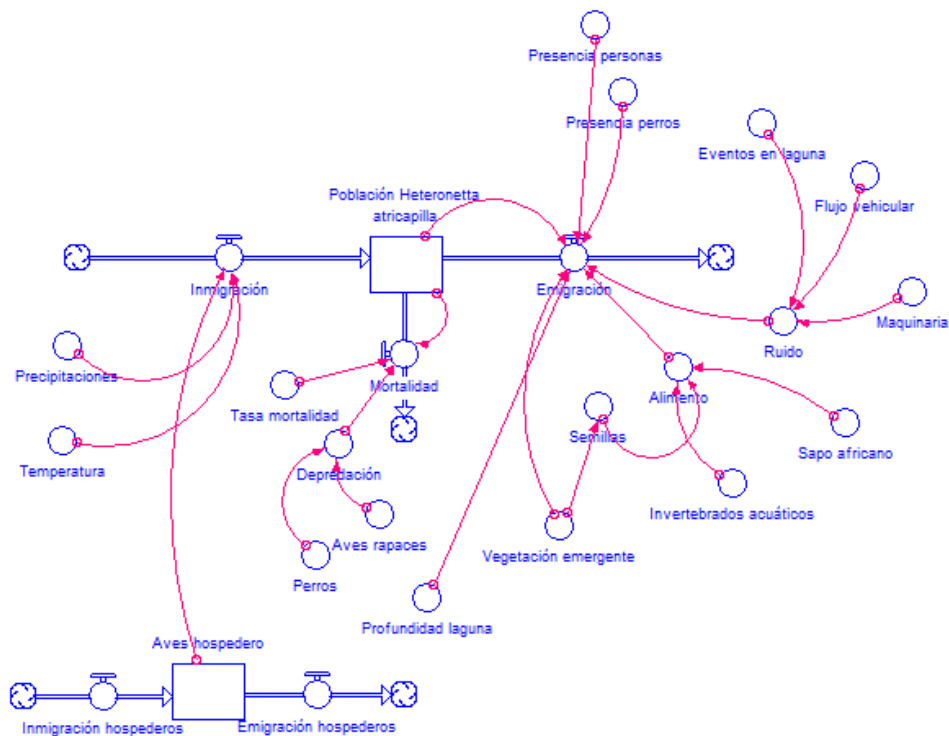






Figura 4. Modelo conceptual teórico inicial para la población de pato rinconero en laguna La Farfana.

En el modelo se presenta un reservorio central que corresponde a la abundancia de la especie pato rinconero, el cual consta de un flujo de ingreso, que son las aves que llegan por el proceso de inmigración, y dos flujos de salida, uno por la mortalidad de la especie presente en la planta, y otro por la emigración de las aves de la laguna. Con respecto al flujo de inmigración, este se encuentra afectado por las variables precipitaciones, temperatura y por la presencia de las aves hospedero, el cual corresponde a un reservorio con un flujo de ingreso de inmigración y de salida de emigración propios. El flujo de salida de mortalidad está determinado por la tasa de mortalidad de la especie y la variable depredación del pato rinconero compuesta por depredación de perros y de aves rapaces. El flujo de salida de emigración está determinado por las variables presencia de perros y personas, el ruido generado por los eventos en la laguna, el flujo vehicular en el área cercana y por la maquinaria de las minas contiguas a la laguna, además de la profundidad de la laguna, la presencia de vegetación emergente en la laguna, y por la cantidad de alimento disponible para la especie, determinado por las semillas, que en este caso está representada por la vegetación emergente, los invertebrados acuáticos y por la presencia de sapo africano, el cual consume el mismo alimento que el pato rinconero. El significado de cada ícono usado en el modelo se encuentra descrito en la Tabla 6.

Tabla 6. Leyenda de los símbolos usados en el programa Stella con su significado.

Ícono	Nombre	Significado
	Reservorio	Es donde se acumulan las unidades modeladas
	Flujo de entrada y salida	Son la entrada y salida de la unidad a modelar
	Variable	Son factores que inciden en la unidad a modelar, u otro elemento del sistema
	Conector	Interconectan los elementos del sistema

*Supuestos del modelo:*

- 1) No hay puesta de huevos ni crías de pato rinconero en la laguna La Farfana

Se consideró este punto debido a que no se han avistado crías del ave en la laguna desde la creación de esta, por lo que no correspondería a un factor incidente en la abundancia poblacional de la especie.

- 2) No hay episodios de enfermedades como botulismo

Si bien en el año 2005 hubo mortalidad de aves en los humedales cercanos (principalmente batuco) debido a un brote de botulismo, el cual afectó de distinta manera al resto de las lagunas, estos eventos no fueron considerados en este modelo por corresponder a episodios de carácter inusual, por lo que se establece que no son prioritarios para entender la dinámica poblacional de la especie.

3) El resto de las especies no afecta los niveles poblacionales de la especie.

Se consideró que las especies que representan a la comunidad aviar de la laguna La Farfana que no actúan como hospederos para la especie no afectan sus niveles poblacionales, esto a razón que solo se ha encontrado correlación significativa entre ellas.

4) Condiciones climáticas de zonas geográficas ajenas al estudio no determinan las diferencias de abundancia de la población.

Para este modelo solo se consideró las condiciones climáticas presentes en el área de la laguna La Farfana, y no las condiciones presentes en las áreas de presencia de la especie previa a su migración o de sus rutas migratorias, debido a que a finalidad del modelo es determinar los parámetros influyentes para la zona del estudio.

5) Fito y zooplancton no inciden en la alimentación de la especie.

No se consideró los efectos que el fito y zoo plancton ejercen sobre los invertebrados acuáticos, al considerar que al agregar sus abundancias se incluye el efecto en el pato rinconero.

6) El ruido producido en el aeropuerto cercano no incide en los movimientos poblacionales de la especie

No se consideró en el modelo los efectos producidos por el ruido generado en el aeropuerto cercano a la planta, dado a que se considera que es una condición que ha estado presente previo a la creación de la laguna, por lo que se considera que no afecta a la abundancia de aves que ha llegado a la laguna.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Medición de decibeles

Las mediciones de ruido para las 7 estaciones en el perímetro de la laguna mostraron que los decibeles prácticamente se duplican durante la condición perturbada con respecto a la condición natural (Tabla 7). Entre las distintas zonas, los niveles de decibeles para la condición perturbada se mantienen con un rango de diferencia no mayor a 5 decibeles; por tanto, el ruido generado por las perturbaciones es igual en las distintas estaciones. Sin embargo, para la condición natural presentan una diferencia mayor (> 10 decibeles entre las estaciones 6 y 7). Además, no hay gran diferencia entre las estaciones que cercanas a las zonas de extracción de pumacita (estaciones 1 y 2), ni las cercanas a la casona en donde se realizan los eventos esporádicos (estación 1) con el resto de los puntos de la laguna.

Tabla 7. Valores promedio de los decibeles de las 7 estaciones de muestreo para las condiciones medidas.

Estación	Condición perturbada (Dec)	Condición natural (Dec)
1	85,6	43,2
2	85,4	48,5
3	85,3	40,2
4	83,3	42,8
5	85,6	44,0
6	81,8	39,5
7	79,2	50,7

## 4.2 Relación pato rinconero con procesos de extracción de algas

En la Figura 5 se muestra la abundancia del pato rinconero con respecto a los eventos de extracción de algas, donde la mayor abundancia de la especie se presenta en los primeros meses del año 2011, la cual inicia una baja en su presencia en la laguna, para coincidir en el primer trimestre del año 2012 con una extracción considerable de algas filamentosas. La segunda extracción ocurrió durante un año en que la presencia del ave en la laguna fue nula. Para el año 2013, se encontró la segunda mayor abundancia del ave en los años estudiados, la cual antecede a un evento de extracción de algas para el tercer trimestre del año 2014. Los años 2015 y 2016 se encuentran sin registro de eventos de retiro de algas y para el año 2017 se registraron 3 eventos de extracción menores a los presentados en los años anteriores. Durante el año 2017 también se encuentra una población de patos rinconeros presente durante los mismos trimestres en que se efectúan las extracciones.

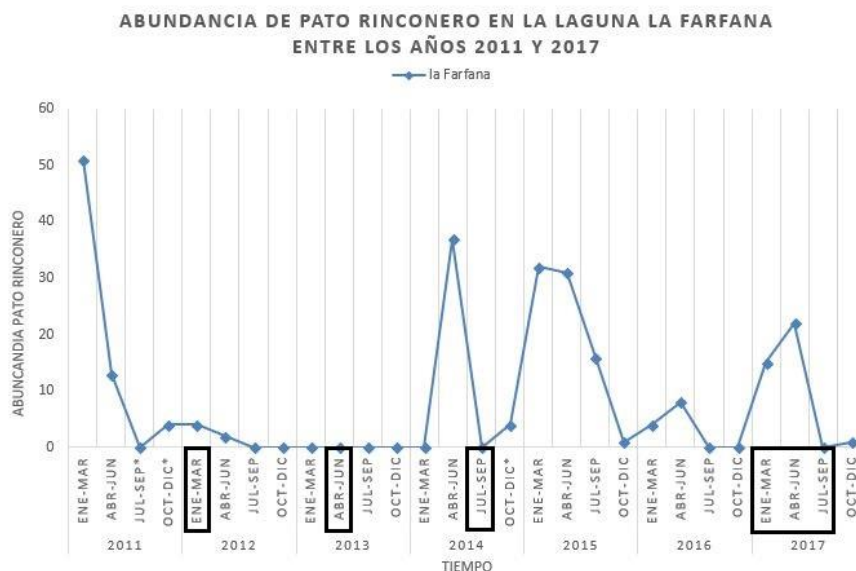


Figura 5. Comparación de la abundancia de pato rinconero con respecto a los eventos de extracción de algas.

### 4.3 Estado trófico de la laguna

La laguna ha tenido una condición constante de estado mínimo de eutrofización en al menos uno de los tres parámetros analizados en cada mes como se puede determinar con los resultados presentados en los gráficos para el fósforo (Figura 6), la clorofila *a* (Figura 7) y el nitrógeno total de Kjeldahl (Figura 8).



Figura 6. Niveles de fósforo (P) medidos en la laguna La Farfana durante los años del estudio.

Con respecto al fósforo, la laguna solo presenta dos estados, eutrófico e hipereutrófico, determinando una constante condición de exceso de nutrientes para esta variable.



Figura 7. Niveles de clorofila a medidos para la laguna durante los años del estudio. Los datos medidos en octubre y noviembre del año 2016 se excluyeron del gráfico por presentar valores por sobre los 1000 ug/L.

Con los resultados obtenidos para la clorofila a se establece que han existido dos grandes episodios de alta concentración; uno en el periodo de julio del año 2011, cuando los niveles registrados superaron los 120 ug/L, y en los meses de octubre y noviembre del año 2016, cuando los registros muestran una concentración de 3006 y 1789 ug/L respectivamente.

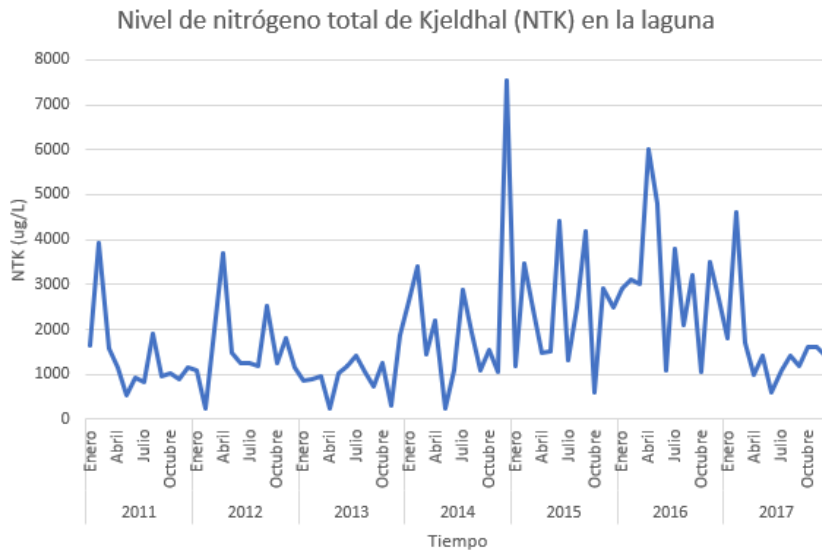


Figura 8. Niveles de nitrógeno total de Kjeldhal (NTK) para la laguna L Farfana durante los años del estudio.

Con respecto al NTK medido, el mayor registro se encontró en diciembre del año 2014 con un total de 7540 ug/L. En la Tabla 8 se establecen los distintos estados presentados en base a las tres variables analizadas, donde se puede determinar que para el fósforo las condiciones de eutrófico e hipereutrófico se establecen en igual medida con 42 meses cada uno. En el caso de la clorofila  $\alpha$ , el estado de oligotrófico fue el más repetido con 32 de los meses en esa condición, y el menos repetido el de ultraoligotrófico presentado solo en 4 meses. Con respecto al NTK el mayor estado fue el de hipereutrófico con 51 meses, casi el doble de meses en ese estado con respecto al segundo de mayor incidencia, eutrófico, con 26 meses. Los estados de mesotrófico y oligotrófico se presentaron casi por igual en una baja cantidad de meses. Con ello, se puede determinar que para el fósforo y el NTK, las condiciones de exceso de nutrientes son comunes para la laguna, pero que en el caso de la clorofila  $\alpha$ , el estado más común es el de una baja productividad. Sin embargo, cabe considerar que, juntando los meses

de estado de exceso de nutrientes, estos corresponden a 28 meses en donde la laguna para esta variable se encontraría también con un exceso de nutrientes.

Tabla 8. Cantidad de meses para cada uno de los estados tróficos que presentó la laguna.

Estado	Fósforo	Clorofila a	NTK
Ultraoligotrófico	0	4	-
Oligotrófico	0	32	4
Mesotrófico	0	20	3
Eutrófico	42	14	26
Hipereutrófico	42	14	51

#### 4.4 Datos meteorológicos

Las correlaciones estadísticas entre cambios en la abundancia del ave y las variables meteorológicas mostraron un solo valor de correlación significativo (Tabla 9). Con respecto al año no se estableció una relación significativa, pero el resultado puede ser considerado marginal ( $0,1 > P > 0,05$ ).

Tabla 9. Resultados de la correlación de Spearman del pato rinconero con respecto a las características meteorológicas (mas mes y año) presentes en la laguna La Farfana.

Características meteorológicas	P	P
Temperatura	0,03	0,76
Humedad relativa	-0,13	0,25
Dirección del viento	0,09	0,43
Velocidad del viento	-0,09	0,38
Precipitaciones	-0,07	0,49
Presión	0,13	0,22
Radiación	<-0,01	0,97
Año	0,19	0,07
Mes	-0,39	<0,001

#### 4.5 Datos de calidad de agua

##### *Datos fisicoquímicos de la laguna*

Las correlaciones estadísticas del ave con las características fisicoquímicas y microbiológicas no fueron significativas (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados de la correlación de Spearman para el pato rinconero con respecto a las condiciones fisicoquímicas de la laguna La Farfana.

Características fisicoquímicas de la laguna	P	p
pH	0,02	0,88
Temperatura laguna	0,11	0,30
Alcalinidad	-0,11	0,31
NTK	0,10	0,36
Oxígeno	0,16	0,15
Fósforo	0,06	0,60
Coliformes fecales	0,17	0,12
Clorofila a	0,05	0,67

*Diversidad y abundancia de invertebrados acuáticos*

La correlación con respecto a los invertebrados acuáticos mostró un valor significativo solo respecto a moluscos de la familia Physidae (Tabla 11).

Tabla 11. Resultados de la correlación de Spearman para el pato rinconero con respecto a los invertebrados acuáticos presentes en la laguna La Farfana.

Invertebrados acuáticos	P	p
Physidae	0,64	0,02
Lymnaeidae	0,42	0,16
Mollusca	0,63	0,03
Nematoda	-0,25	0,44
Oligochaeta	-0,25	0,43
Glossiphoniidae	-0,19	0,56
Annelida	-0,29	0,35
Hyaellidae	-0,40	0,19
Isopoda	-0,28	0,38
Hydrachnidae	-0,36	0,26
Oribatida	0,26	0,41
Collembola	0,19	0,55
Dytiscidae	-0,12	0,72
Hydrophilidae	-0,02	0,95
Chironomidae	-0,17	0,59
Baetidae	0,09	0,78
Ceratopogonidae	0,03	0,93
Nesameletidae	-0,37	0,24
Corixidae	0,38	0,22
Belostomatidae	-0,28	0,38
Notonectidae	0,48	0,11
Aeshnidae	0,12	0,71
Coenagrionidae	0,21	0,51
Libellulidae	0,48	0,11



Hydroptilidae	0,03	0,92
Artropodos	0,04	0,91
Total	0,44	0,15

#### 4.6 Datos de comunidad aviar

Los resultados de la correlación entre el pato rinconero y las demás aves presentes en la laguna mostraron que 12 de las especies presentan correlación con la abundancia de pato rinconero, (Tabla 12). Entre ellas, 9 presentan correlación positiva: cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), garza chica (*Egretta thula*), garza grande (*Ardea alba*), pato colorado (*Anas cyanoptera*), pato jergón chico (*Anas flavirotris*), pato jergón grande (*Anas georgica*), pato real (*Anas sibilatrix*), picurio (*Podilymbus podiceps*) y yeco (*Phalacrocorax brasilianus*) y 3 especies presentan correlación significativa negativa: gaviota cahuil (*Chroicocephalus maculipennis*), pato rana de pico ancho (*Oxyura (jamaicensis) ferruginea*<sup>7</sup>) y queltehue común (*Vanellus chilensis*).

De las especies con las que se presentó correlación significativa, dos actúan como hospederas descritas para el pato rinconero, el cisne de cuello negro y la gaviota cahuil.

Tabla 12. Resultados de la correlación de Spearman para el pato rinconero con respecto y las demás especies de aves presentes en la laguna La Farfana.

Especie	P	p
---------	---	---

<sup>7</sup> Especie aún en debate de si corresponde a una especie diferente a *Oxyura ferruginea* o una subespecie: [www.avesdechile.cl/270.htm](http://www.avesdechile.cl/270.htm)

Pato cuchara ( <i>Anas platalea</i> )	-0,09	0,39
Pato gargantillo ( <i>Anas bahamensis</i> )	-0,03	0,74
Pato jergón grande ( <i>Anas georgica</i> )	0,47	<0,01
Pato rana de pico delgado ( <i>Oxyura vittata</i> )	-0,1	0,36
Pato rana de pico ancho ( <i>Oxyura (jamaicensis) ferruginea</i> )	-0,26	0,01
Pato real ( <i>Anas sibilatrix</i> )	0,29	0,01
Gaviota cahuil ( <i>Chroicocephalus maculipennis</i> )	-0,27	0,01
Gaviota franklin ( <i>Leucophaeus pipixcan</i> )	0,05	0,65
Queltehue común ( <i>Vanellus chilensis</i> )	-0,23	0,03
Tagua común ( <i>Fulica armillata</i> )	0,11	0,34
Tagua chica ( <i>Fulica leucoptera</i> )	0,08	0,47
Tagua de frente roja ( <i>Fulica rufifrons</i> )	0,11	0,31
Pimpollo ( <i>Rollandia rolland</i> )	0,15	0,16
Blanquillo común ( <i>Podiceps occipitalis</i> )	-0,19	0,08
Yeco ( <i>Phalacrocorax brasilianus</i> )	0,31	<0,01
Pato jergón chico ( <i>Anas flavirostris</i> )	0,42	<0,01
Cisne de cuello negro ( <i>Cygnus melancoryphus</i> )	0,23	0,03
Garza grande ( <i>Ardea alba</i> )	0,25	0,02
Pato colorado ( <i>Anas cyanoptera</i> )	0,25	0,02
Garza boyera ( <i>Bubulcus ibis</i> )	0,12	0,27
Picurio ( <i>Podilymbus podiceps</i> )	0,22	0,04
Gaviota dominicana ( <i>Larus dominicanus</i> )	-0,11	0,31
Piden común ( <i>Pardirallus sanguinolentus</i> )	0,06	0,61
Tagüita común ( <i>Porphyriops melanops</i> )	0,06	0,56
Perrito ( <i>Himantopus mexicanus</i> )	0,05	0,62
Huairavo común ( <i>Nycticorax nycticorax</i> )	0,06	0,56
Garza cuca ( <i>Ardea cocoi</i> )	0,14	0,19
Garza chica ( <i>Egretta thula</i> )	0,26	0,02
Huala ( <i>Podiceps mayor</i> )	0,11	0,3
Cisne coscoroba ( <i>Coscoroba coscoroba</i> )	-0,08	0,48
Pato negro ( <i>Netta peposaca</i> )	-0,08	0,48

#### 4.7 Entrevistas y encuesta socio-ecológica

Los datos obtenidos mediante la entrevista y las encuestas socio-ecológica se encuentran en su totalidad en el Anexo I. A continuación, se presentan los resultados más relevantes obtenidos para la realización del modelo, complementando las características ecológicas (bióticas y abióticas), que se consideran importantes para la conservación de la especie, objeto de estudio.

Con respecto a la entrevista, esta fue realizada a Luciano Segura, ornitólogo de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina y que ha realizado trabajos previos con la especie, y las respuestas más importantes corresponden a las siguientes preguntas:

1. ¿En qué tipo de cuerpos de agua se le encuentra generalmente? Aguas someras, lagos, lagunas, etc.

“Depende la región del país, lagos someros en el centro y este, lagos de montaña cerca de la cordillera. También ríos de mediano y gran tamaño. Parece una especie plástica que se adapta a las necesidades de sus hospedadores”

2. ¿Las zonas donde se encuentra presentan algún grado de perturbación antrópica (centro urbano, ruidos, etc.)?

“Las lagunas en donde hemos observado actividad reproductiva tienen un impacto antrópico entre moderado y alto, dando a entender que sería lo suficientemente plástica para tolerar la presencia humana. Creo que depende más de sus hospedadores, ya que, si ellos están presentes, el Pato de Cabeza Negra logra sobrevivir y tener éxito”.

Estos resultados refuerzan el conocimiento ecológico, respecto de que la especie para establecerse o presentarse en un ecosistema necesita de la presencia de sus especies hospederas más que características de necesidad propias de su hábitat, y se establece la idea de una especie tolerante a la presencia antrópica.

Con respecto a las encuestas, la mayoría de las respuestas no fueron concluyentes estadísticamente. Los resultados más relevantes se presentan a continuación:

1. ¿Ha visto la presencia de perros en los alrededores de la laguna?

Esta pregunta se obtuvo realizando una diferencia entre el tiempo que llevan los trabajadores en la planta de tratamientos de aguas servidas y se presentan los resultados obtenidos en la Figura 9.

Con respecto a los gráficos de la Figura 9, se puede establecer que la presencia de perros ya no resulta un problema a considerar en el modelo, dado que los trabajadores que llevan entre 1 y 5 años trabajando en la laguna no han realizado avistamiento de ellos (solo un 17% de ellos dice haberlos visto), cifra que sube ligeramente con respecto a los trabajadores que llevan menos de un año (27%). Ello contrasta con el alto porcentaje de avistamientos realizados por trabajadores que llevan más de 5 años trabajando en la laguna (87%), con lo que se podría considerar que resultó ser un problema para la laguna, pero que posibles medidas de contención realizadas por la empresa (mejora de cercos) han resultado efectivas.

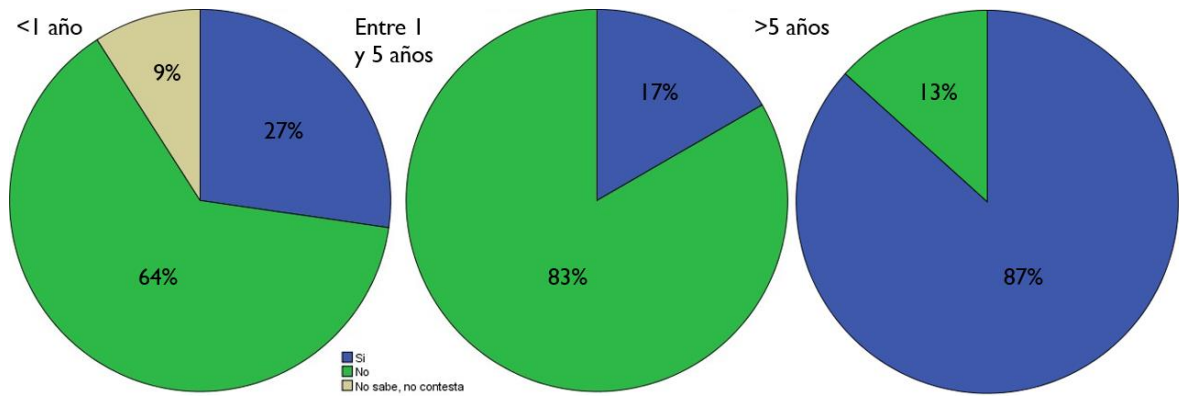


Figura 9. Resultados para la pregunta ¿Ha visto perros en los alrededores de la laguna?, en base al tiempo trabajado en la planta (< 1 año, entre 1 y 5 años y sobre 5 años). Los colores corresponden a: Azul: Si; Verde: No; Gris: No sabe, no contesta.

#### 4.8 Identificación y caracterización de lagunas cercanas, como hábitat para la especie

Los datos ecológicos comparativos entre las lagunas visitadas confirman la plasticidad de la especie respecto de su hábitat (Tabla 13). Al comparar los ecosistemas visitados por la especie se pudo determinar que estos presentan grandes diferencias, siendo la laguna La Farfana la zona de menor tamaño visitada. También se determinó que en las dos lagunas artificiales visitadas (La Farfana y el tranque San Rafael), la condición de orilla es similar, encontrando una gran cantidad de orilla despejada y una baja o casi nula presencia de vegetación ribereña emergente, pero en el caso del tranque, en una zona aledaña a la laguna se presentaba un área con alta abundancia de ella.

Tabla 13. Cuadro comparativo entre las lagunas visitadas.

Variable	El Peral	San Rafael	Batuco	La Farfana
Nivel de protección	Santuario de la naturaleza	Privado	Zona de prohibición de caza, zona de interés turístico, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad, zona de preservación ecológica, cuerpo de agua lacustre (Fox, 2011).	Privado
Dimensión aproximada del espejo de agua actual	~14 hc	~31 hc	~100 hc	~7 hc
Dimensiones del área	~25 hc	~300 hc	~311 hc	~16 hc
Latitud	33°30'	33°12'	33°12'	33°28'
Longitud	71°36'	70°47'	70°49'	70°47'
Ubicación geográfica	El Tabo, San Antonio, Valparaíso	Lampa, Chacabuco, RM	Lampa, Chacabuco, RM	Maipú, Santiago, RM
Clima	Mediterráneo subhúmedo costero	Mediterráneo semiárido interior	Mediterráneo semiárido interior	Mediterráneo semiárido interior
Condición de orilla	Principalmente vegetación emergente	Principalmente despejado o con herbáceas	Variable, presenta un amplio perímetro con diferentes condiciones	Principalmente cubierta con vegetación frondosa no emergente o despejado

Condición de vegetación emergente	Gran cantidad, principalmente en la orilla	Gran cantidad en zona aledaña al espejo de agua	Variable, gran cantidad en el interior de la laguna	Baja cantidad en las orillas de la laguna
Tipo de humedal	Laguna natural	Tranque artificial para una PTAS	Laguna natural	Laguna artificial
Nivel de agua	Dependiente de condiciones climáticas	Estable	Dependiente de condiciones climáticas	Estable

#### **4.9 Comparación entre las abundancias de pato rinconero en la laguna La Farfana y El Peral**

La comparación entre las abundancias mostró que la mayor abundancia para el Peral ocurre durante el periodo entre julio y septiembre del año 2012, año en donde la población del ave en La Farfana fue casi nula (Fig. 10). Por otra parte, la segunda mayor abundancia de la especie para La Farfana ocurrió durante el período entre abril y junio del año 2014, mismo período cuando la abundancia en El Peral, era baja o la especie no se encontraba presente.

### COMPARACIÓN DE ABUNDANCIAS DE PATO RINCONERO PARA DOS LAGUNAS

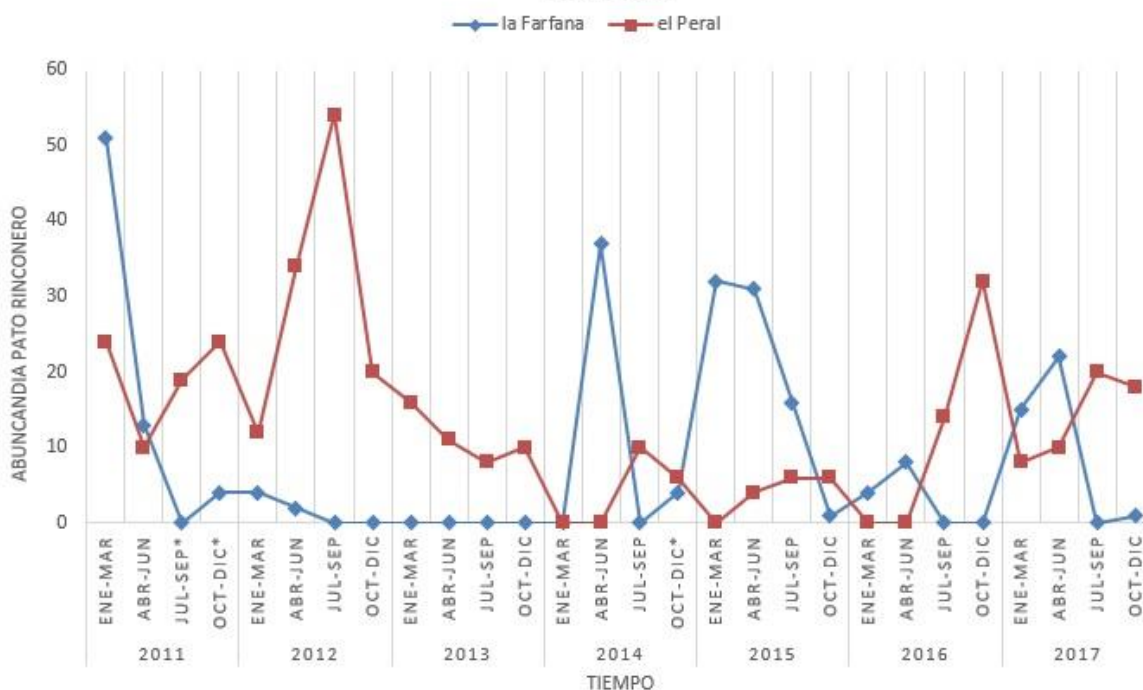


Figura 10. Comparación de las abundancias de pato rinconero para el periodo 2011-2017 entre la laguna La Farfana y la laguna El Peral.

#### 4.10 Análisis de componentes principales

Se realizaron dos análisis de componentes principales (PCA); el primero correspondió a la laguna La Farfana (Fig. 11) con la totalidad de los datos (comunidad aviar, datos meteorológicos y datos de condiciones de la laguna). Para el segundo eje (componente principal 2) se podría establecer una diferencia de distribución de los datos en base a los factores abióticos, estableciendo cercanos al valor 1 al grupo de factores compuesto por la temperatura ambiental (TEMP), temperatura de la laguna (TEMPL), velocidad del viento (WS) y radiación (RS) y cercanos al valor -1 a la humedad relativa (HR) y las precipitaciones (pp), determinando así la distribución de la comunidad aviar. Con respecto al primer eje (componente principal 1), la diferenciación de distribución resulta



un poco más compleja de interpretar y podría establecerse en base al alimento consumido por las especies, encontrando grupos muy relacionados entre sí como lo son el blanquillo, el pato rana de pico delgado (PRANAD) y el pimpollo, tres especies caracterizadas por ser zambullidoras al momento de obtener su alimento y que se encuentran cercanas al valor -1 del eje y mejor representadas por el plano formado por ambos ejes. En forma opuesta se encuentra el grupo representado por la huala y el picurio, también especies zambullidoras, pero que se alimentan de presas de mayor tamaño, y dada la cercanía en el plano del huairavo, podría estar incidiendo en la distribución la presencia de la gran cantidad de larvas y adultos de sapo africano en la laguna. En este PCA, el pato rinconero se encuentra muy cercano al centro del plano, con poca influencia en los componentes generados.

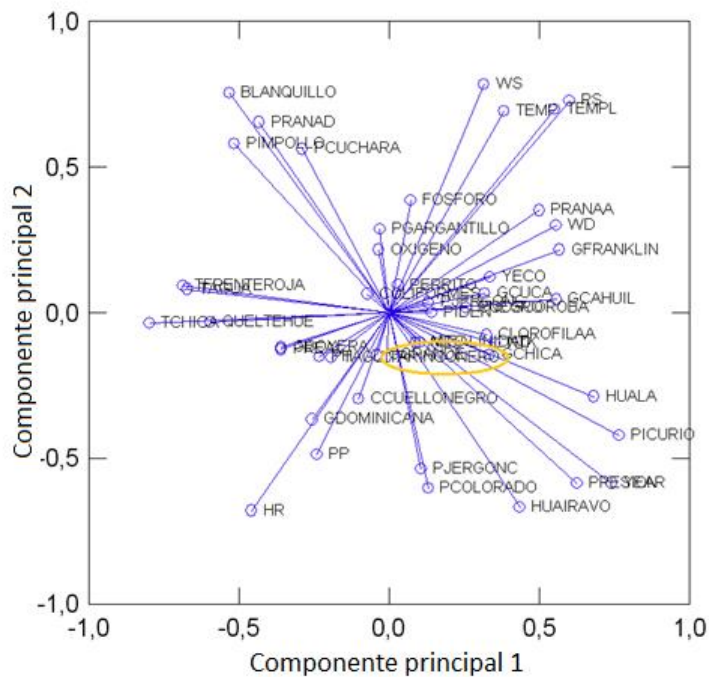


Figura 11. PCA para la laguna La Farfana. Incluye los datos de abundancias de aves, meteorológicos y fisicoquímicos.

El porcentaje de la varianza total explicado por los dos primeros componentes principales fue de 32,4% (Tabla 14).

Tabla 14. Varianza y porcentaje de varianza explicado por los componentes principales con rotación del PCA para los datos de La Farfana.

Componente	1	2
Varianza explicada por componentes	8,02	7,88
Porcentaje de varianza total explicado	16,37	16,08

Posteriormente, se realizó un PCA para la laguna considerando solo la comunidad aviar con sus abundancias (Fig. 12). Los resultados muestran que se mantiene la agrupación de algunas especies, como el grupo formado por blanquillo, pata rana de pico delgado y un poco más distante el pimpollo, el grupo de las taguas (tagua común, Tcomun; tagua chica, Tchica; y tagua de frente roja, Tfrenteroja), y el grupo compuesto por la huala, el picurio y en menor medida el huairavo. El pato rinconero en esta distribución queda muy bien representado por el componente principal 2, en donde corresponde a la especie con el valor más cercano a 1 y en distribución opuesta se ubica el pato rana de pico ancho (PRANAA). Ambas especies de patos zambullidores con alimentación similar de vegetación acuática e invertebrados acuáticos.

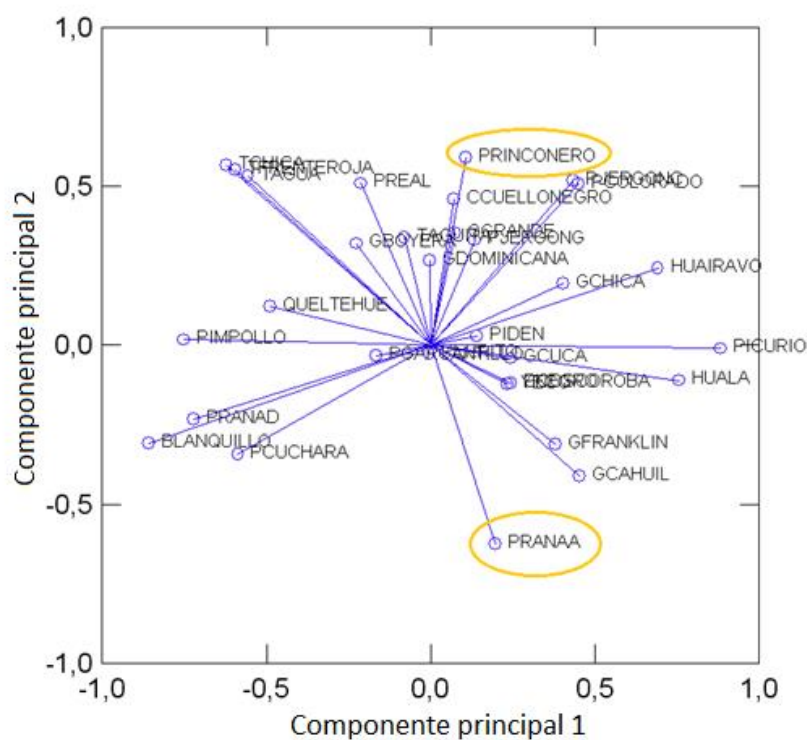


Figura 12. PCA para las aves presentes en la laguna La Farfana.

El porcentaje de varianza total explicado por ambos componentes presentado en la Tabla 15 corresponde a 32,9%.

Tabla 15. Varianza y porcentaje de varianza explicado por los componentes principales del PCA con respecto a la comunidad aviar en La Farfana.

Componente	1	2
Varianza explicada por componentes	6,64	3,87
Porcentaje de varianza total explicado	20,76	12,09

#### 4.11 Modelo teórico

Los resultados obtenidos permitieron reformular el modelo inicial (Fig. 4), estableciendo como relevantes aquellas variables que mostraron correlación estadística con la especie (Fig. 13). El modelo teórico resultante presenta un reservorio central, que corresponde a la abundancia de la población de pato rinconero, con un flujo de entrada representado por la inmigración de la especie hacia la laguna, y uno de salida correspondiente a la emigración. El flujo de inmigración se ve afectado por el alimento disponible en la laguna, y el alimento presente para la especie en el modelo corresponde a semillas e invertebrados acuáticos. Con respecto a las semillas, su cantidad está determinada por la cantidad de vegetación emergente, acuática y ribereña presente en la laguna. La abundancia de invertebrados acuáticos se encuentra determinada también por la vegetación acuática y por la cantidad de algas filamentosas presentes en la laguna, dado a que corresponden a su hábitat usado. Con respecto al flujo de emigración, este se ve afectado por el ruido, el cual está representado por la maquinaria de extracción minera, generado en la zona contigua a la laguna y los eventos realizados esporádicamente (visitas a la laguna). La emigración de la especie se ve afectada también por la presencia y abundancia de la especie pato rana de pico ancho (*Oxyura (jamaicensis) ferruginea*), el cual presenta su flujo propio de inmigración y emigración de la laguna, y representaría un factor negativo para su presencia. También se considera como variable del modelo la presencia del sapo africano, el cual actúa disminuyendo el alimento disponible para el ave.

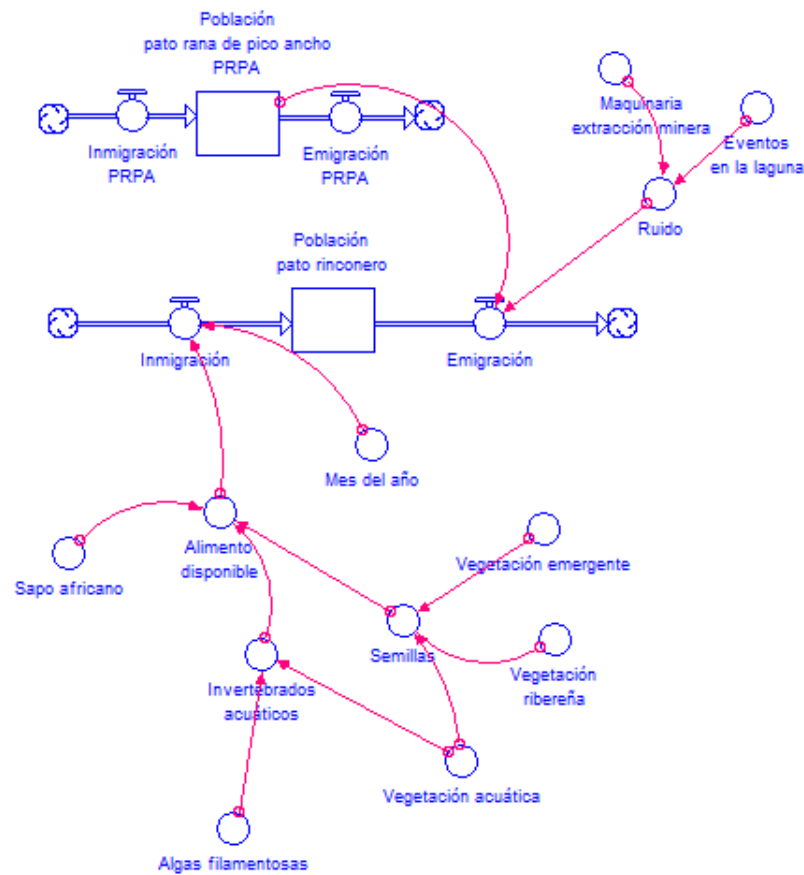


Figura 13. Modelo conceptual teórico para la especie pato rinconero en la laguna La Farfana.

Dentro de las variables presentadas en este modelo, se encuentra el alimento, para el cual se encontró una relación significativa positiva fuerte con respecto a una familia de invertebrados acuáticos presentes en la laguna (Tabla 11), y con ello se determina que, para la especie, el alimento es un factor fundamental en su variación poblacional, y en consideración es que para este modelo se considera que la especie usa la laguna como hábitat de forrajeo. Con respecto a la presencia de vegetación emergente en la orilla de la laguna, esta no fue considerada en el modelo de manera directa dado a que se ha mostrado una relación significativa con esta condición del ave solo para ecosistemas

usados para la postura de huevos, y esta laguna no presenta las condiciones. No se han descrito nidificaciones y la especie no utiliza el ecosistema durante su época reproductiva, pero si se considera la presencia de esta vegetación, junto con la acuática y la ribereña, como variables que inciden en la cantidad de alimento de la laguna, ya que su cantidad determina la cantidad de semillas. A la vez, se considera la presencia del sapo africano, debido a su posible alta abundancia, lo cual determinaría una baja en la cantidad de alimento disponible en la laguna. El ruido se mantiene con respecto al modelo planteado inicialmente, debido a que es una posible causa en que las aves bajen su abundancia; aun así, los datos medidos en este estudio no permiten aceptarlo ni rechazarlo. Otro elemento importante de considerar para el modelo de dinámica poblacional del pato rinconero corresponde a la abundancia de pato rana de pico ancho, con el que se presenta una correlación negativa (Tabla 12) y una distribución de los datos opuestas en análisis de componentes principales (Figura 12), y en consideración que ambas especies corresponden a patos zambullidores, se podría estar estableciendo competencia por el alimento.

#### *Supuestos del modelo:*

Con respecto a los supuestos originalmente planteados (págs. 25 y 26), se modificaron dos (supuestos 1 y 3) y se agregaron dos nuevos (supuestos 7 y 8):

- 1) La especie usa la laguna sólo como ecosistema de forrajeo.

Se considera que la presencia de la especie en la Laguna solo está determinada por la alimentación presente, por lo que no se incluyen las condiciones necesarias para la especie para la época de postura de huevos. Esto se determina dado las correlaciones obtenidas para el ave con respecto a las condiciones de la laguna.

3) La especie se ve afectado, en relación a su variación poblacional por la presencia del pato rana de pico ancho.

Se considera que las especies que representan a la comunidad aviar de la laguna La Farfana no afectan sus variación poblacional, esto a razón que no se encontraron correlaciones significativas entre ellas, con la excepción de la especie pato rana de pico ancho, especie para la cual se encontró correlación y se encuentra incluida en el modelo como un competidor por el alimento con la especie.

7) La presencia de perros y personas ajenas en la laguna ya no resulta un problema a considerar

La presencia de perros no ha sido incluida en el modelo por considerar que es un problema que ya no se encuentra presente en la laguna y que las medidas tomadas por la empresa han tenido resultados positivos.

8) La abundancia de invertebrados acuáticos se ve afectada por los niveles de algas filamentosas y vegetación acuática.

Se considera que la abundancia de los invertebrados acuáticos solo está determinada por la abundancia de algas filamentosas y vegetación acuática, por corresponder a ecosistemas hábitat para ellos.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 La especie pato rinconero

Los datos obtenidos permiten proponer que el pato rinconero usa la laguna La Farfana principalmente como área de forrajeo, lo cual explicaría su ausencia durante la temporada de postura de huevos (Carboneras, 1992; Cabrera, 2016). Esto determinaría la diferencia de resultados obtenidos con respecto a otros estudios (Cofré *et al.*, 2007), donde se relaciona su presencia en los ecosistemas principalmente con aquella de aves que actúan como hospederos para sus huevos, lo que en el caso de la laguna La Farfana no ocurre. Además, se debe considerar que no se ha registrado la presencia de crías de la especie y que las correlaciones estadísticas obtenidas, muestran relaciones negativas con especies hospederas (como el caso de la gaviota cahuil) y con especies que presentan su misma estrategia de alimentación, como es el caso del pato rana de pico ancho. También cabe destacar la plasticidad presentada con respecto a los hábitats usados por la especie, con lo que se podría inferir que no todos ellos están siendo utilizados con los mismos propósitos, pero para lo cual se hace necesario realizar una mayor cantidad de estudios.

### 5.2 Humedales artificiales y laguna La Farfana

La idea del uso de lagunas artificiales como zona de forrajeo y hábitats alternativos para las aves migrantes ha sido altamente estudiado (Guilleman, 2000; Murray, 2010), donde la ausencia de depredadores como peces y la alta concentración de microorganismos acuáticos, generan las condiciones ideales para ellas. Por ello, se debe considerar que al intentar reemplazar o recrear un ecosistema, se hace necesario definir bien el



ecosistema en cuestión, punto fundamental al momento de generar humedales artificiales, para así lograr enfocarse en las características propias del lugar y permitir el funcionamiento ecosistémico del mismo. En este caso, con la laguna La Farfana, se propone generar un ecosistema óptimo con respecto a una finalidad puntual. Si se desea generar un ecosistema que sustente a una comunidad aviar similar a la presente en las antiguas lagunas de aireación de la planta de tratamiento, se recomendaría generar condiciones similares a las preexistentes. Entre las características que se diferencian entre las lagunas se encuentra el origen del agua. Al cambiar de aguas servidas a aguas de napas subterráneas, se produjo una baja en la cantidad de alimento disponible en las lagunas para las aves, por lo que la comunidad aviar responde de distinta manera frente a ambos casos.

Además, se debe considerar que los requerimientos ecológicos de las aves son diferentes de un grupo funcional a otro, por lo que las características ecológicas del humedal son esenciales en la comunidad aviar que estará presente (Afdhal, 2012). Por ello, se deben agregar factores abióticos que inciden en el tipo y la cantidad de aves que atrae la laguna, entre los que se encuentran: la forma de la laguna, el tamaño del espejo de agua, la profundidad y las condiciones de fondo que presenta el cuerpo de agua, ya que son condiciones que generan distintos nichos ecológicos con diferentes microorganismos, generando así diferencias en la diversidad y la abundancia de aves presentes (Colwell & Taft, 2000; Sanchez-Zapata *et al.*, 2005, Afdhal, 2012; Hamdi & Ismail-Hamdi, 2014; Wang, 2016). De hecho, algunos autores consideran que el tamaño del humedal es uno de los factores principales que inciden en las características de la comunidad aviar (Froneman *et al.*, 2001; Orłowski, 2013). Esta variación en requerimientos se ha determinado que debe ser realizada a nivel región-específica, con

un manejo que dé prioridad a las especies o grupos que quieren conservarse (Ma *et al.*, 2010). Ello no está siendo desarrollado como uno de los pilares centrales en el manejo de la laguna y se hace necesario para lograr determinar la variación que la especie presenta con respecto a su abundancia, en consideración que es un pato zambullidor y necesita profundidades en el cuerpo de agua superiores que las necesarias para otros tipos de aves acuáticas. Por tanto, determinar las zonas en donde se encuentra su alimento en la laguna y realizar un registro de los niveles de alimento presente corresponderían a un paso previo para probar el forrajeo en la laguna y generar un modelo predictivo de los cambios en su abundancia.

Junto con las características que presenta el cuerpo de agua, se debe considerar las condiciones de los ecosistemas contiguos a la laguna, en donde se ha determinado que la cobertura vegetal que presentan los humedales artificiales difiere de la esperada en los naturales, considerando esto a nivel de especie y a nivel de grupo funcional de la vegetación (Desrochers, 2007); ello resulta fundamental con respecto a que especies de aves llegaran a la laguna (Wang *et al.*, 2016). En el caso de la laguna La Farfana, en donde la vegetación presente no es similar, tanto en taxonomía de especies como en los roles que estas cumplen (considerando principalmente árboles, arbustos o herbáceas) a las especies presentes en las lagunas hábitats (Tabla 13). Solo considerando el caso de la laguna El Peral<sup>8</sup>, donde se establece la presencia de molles (*Schimus latifolius*), boldo (*Peumus boldus*), vauto (*Baccharis cóncava*), huingán (*Schinus polygamus*) y quilo (*Muehlenbeckia hastulata*) como especies principales y de las cuales solo se encuentra

---

<sup>8</sup> <http://www.conaf.cl/parques/santuario-de-la-naturaleza-laguna-el-peral/>

presente en La Farfana el quilo en muy baja proporción, y la baja presencia de vegetación emergente, la cual se ha correlacionado positivamente con la especie durante el periodo de postura de huevos (Cofré *et al.*, 2007), es que se establece que la especie lo usaría solo como zona de forrajeo.

Este punto toma más relevancia al considerar que algunas de las zonas presentes en la laguna presentan un manejo constante de sus condiciones y necesidades, lo que se ve reflejado en eventos continuos de podas y riegos. Esto determina que la vegetación que se encuentra en la zona no tenga condiciones naturales y que las especies presentes no sean necesariamente las ideales para dicho tipo de ecosistema, considerando además que en la zona no hay presencia de un banco de semillas para la vegetación esperada en un humedal de este tipo. En el caso del espejo de agua se genera una problemática similar, dado a que los niveles del agua de la laguna son regulados constantemente para mantener una profundidad estable. Si bien esto permite generar refugios durante disturbios que afecten los ecosistemas naturales (Chester, 2013) impide los eventos de sequías y diferencias estacionales en la laguna, eventos que son necesarios en el ciclo de especies vegetales con respecto a la germinación de semillas (Middleton, 2000; Ma *et al.*, 2010), como también afecta el éxito presentado por las especies en el forrajeo (Velasquez, 1992).

Es por ello, que se hace necesario determinar el rol ecológico de la formación del humedal creado y definir el propósito por el que fue creado. Diversos estudios determinan que la efectividad del manejo que se les da a los humedales artificiales es un criterio para mejorar la calidad del hábitat para aves acuáticas (Erwin, 2002; Balcombe, 2005). A ello hay que agregar que el tiempo planteado para que un ecosistema creado se establezca es incierto, considerado entre varias décadas a siglos

(Moreno-Mateos, 2015). Es por ello por lo que se debe definir el rol que este ecosistema presentará para el pato rinconero.

### **5.3 Modelización ecológica**

Con respecto al modelo, se hace necesario una mayor cantidad de estudios de la zona, considerando que faltan datos sobre la presencia del sapo africano en la laguna, especie introducida y que en el país se ha determinado como su principal alimento la familia de moluscos Physidae (Lobos, 2005), misma familia con la que se relacionó estadísticamente al pato rinconero, por lo que se podría estar generando un caso de competencia por el alimento que merece ser estudiado. Además, se deben realizar estudios con respecto a las algas filamentosas verdes que generan la sobrepoblación en la laguna y determinar cómo es que esta afecta los niveles de alimento disponible para la especie. También, se hace necesario determinar cuál es el alimento que presenta la especie en la laguna además de los invertebrados acuáticos y en qué cantidad se encuentran, sobre todo considerando la baja cantidad de vegetación emergente.

Con respecto al ruido, se debe determinar si está influyendo en la llegada a la laguna de la especie, pero dado los datos obtenidos en la entrevista y el uso dado a la laguna por la especie, se establece que no habría mayor incidencia, pero para poder descartarse se hace necesaria una mayor cantidad de estudios. Junto con ello, se hace la necesidad de una mayor cantidad de estudios sobre la especie, sobre sus necesidades ecológicas y realizar una aproximación de ecología funcional al ecosistema, donde diversos autores plantean su rol clave en el funcionamiento de las comunidades y los procesos que realizan los ecosistemas (Salgado, 2016).

Como último punto, deben considerarse otros factores para las diferencias de las abundancias del pato rinconero en los años del estudio, como lo serían factores

ambientales que se encuentran a una mayor escala, como el fenómeno climático del evento del niño (ENSO), donde ya se ha determinado que incide notoriamente en las diferencias de las abundancias poblacionales de especies de aves acuáticas (Vilina & Cofré, 2000; Vilina *et al.*, 2002). Sin embargo, para realizarlos se requiere de una mayor cantidad de años de registros de abundancias, y también definir si existen problemas en sus rutas migratorias, ya que se han generado estudios que relacionan las abundancias de especies migrantes en base a condiciones presentes en sus rutas migratorias (Hewson, 2016), pero para determinar este tipo de factores deben realizarse más estudios.

## 6. CONCLUSIÓN

Con respecto a la condición del pato rinconero en la laguna La Farfana, la hipótesis es aceptada con respecto a las condiciones de la calidad de la laguna representada por los invertebrados acuáticos, a manera más específica por los moluscos de la familia Physidae, y es aceptada con respecto a las especies de aves presentes en la laguna.

La abundancia del ave estaría determinada principalmente por la condición de uso dado a la laguna, el cual correspondería a un hábitat de forrajeo para la especie, y las especies principales que determinan su presencia corresponderían a sus competidores por el alimento, y determinar más estudios con respecto al crecimiento excesivo de las algas filamentosas y como se encontrarían afectando a los microorganismos.

Se deben realizar mayores estudios y mediciones sobre algunos puntos considerados en el modelo, como realizar mediciones mensuales de los microorganismos acuáticos en la laguna, dada la importancia dada en el modelo y determinar la abundancia de sapo africano presente en la laguna.

Se recomienda definir bien el rol que se pretende con mantener la laguna, principalmente a que especies, procesos o ecosistema se desea caracterizar, y en base a ese punto, determinar la vegetación a implementar, las condiciones con respecto a la profundidad de la laguna, como también se recomienda concientizar a las personas cercanas y trabajadores de la planta con las labores ecológicas que cumple la laguna.

Finalmente, se considera que el modelo generado resulta un paso inicial para poder determinar las fluctuaciones de la abundancia del ave, y se recomienda seguir realizando estudios que permitan determinar sus necesidades ecológicas, determinando que en este estudio fue posible describir consideraciones del ave en dos ecosistemas distintos

en donde se presenta, uno para el uso del ecosistema en la postura de huevos y otro en el forrajeo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Afdhal, B., Charfi-Cheikhrouha, F., Moali, A. 2012. Tunisian man-made wetlands as alternative habitats for waterbirds and their role for conservation. *African journal of ecology*. Rev. 51: 154-163.

Balcombe, C., Anderson, J., Fortney, R., Kordek, W., 2005. Aquatic macroinvertebrate assemblages in mitigated and natural wetlands. *Hydrobiologia* Rev. 541: 15-188.

Beltzer, A. & E. Mosso. 1992. Alimentación de algunos patos (Aves: Anatidae) en el valle aluvial del río Paraná, Argentina. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*. Rev23(1-2): 37-43.

Cabrera, M. B. Montalti D., Segura L. N. 2016. Breeding Phenology and New Host Listo of the Black-headed Duck (*Heteronetta atricapilla*) in Argentina. *The Wilson journal of Ornithology*. Rev. 129(2): 311-316.

Carboneras, C. 1992. Family Anatidae (ducks, geese and swans. J. del Hoyo, A. Elliot, and J. Sargatal, (eds). *Handbook of the birds of the world*. Volume 1. Ostrich to ducks. pp 536-630. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.

Chester, E., Robson, B., 2013. Anthropogenic refuges for freshwater biodiversity: Their ecological characteristics and management. *Biological Conservation*. Rev. 166: 64-75.

Cofré, H. L., Y. A. Vilina, J. Aguirre, W. Egli, M.D. García, H. Kocksch, J. Rottmann, H, Seeger, and C. Tala, 2007. Local distribution, abundance and conservation of Black-headed Duck in the Mediterranean wetlands of Chile. *Waterbirds*. Rev. 30: 412-416

Colwell, M.A., Taft, O.W. 2000. Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. *Waterbirds: The International Journal of Waterbirds Biology*, Rev. 23(1): 45-55.

CONAMA (2010). Valoración cualitativa del daño ambiental provocado en el humedal laguna de Batuco. Informe preparado para el Consejo de Defensa del Estado. Santiago, Chile.

Couve, E., Vidal, C.F., Ruiz, J. 2016. Anseriformes. FS Editorial. Aves de Chile, sus islas Oceánicas y Península Antártica. pp 20-47. Punta Arenas, Chile.



Davidson, N. C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, Rev. 65(10): 934–941.

Department for International Development, 2003. Stakeholders analysis. DFID (eds). *Tools for development. A handbook for those engaged in development activity*. pp 2.1-2.11.

Desrochers, D.W., Keagy, J.C., Cristol, D.A., 2007. Created versus natural wetlands: Avian communities in Virginia salt marshes. *ECOSCIENCE*. Rev. 15(1).

Di Castri, F. & E. Hajek. 1976. Clasificación bioclimática de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. *Bioclimatología de Chile*. pp 99-111. Santiago, Chile.

EMOS, 2000. Proyecto ambientalmente sustentable Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Zanjón. Subgerencia de Medio Ambiente y Depuración. Área de Medio Ambiente. Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A. pp 26.

Höhn, E. O. 1975. Notes on Black-headed Ducks, Painted Snipe, and Spotted Tinamous. *Auk*. Rev. 96: 73-77.

Erwin, R., 2002. Integrated management of waterbirds: beyond the conventional. *Waterbirds*. Rev. 25(2): 5-12.

Fox, O. 2011. Pre-humedal laguna de Batuco "Proyecto de restauración ecológica del humedal Laguna de Batuco, región Metropolitana de Santiago, Chile" (tesis de magister). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Froneman, A., Mangnall, M., Little, R., Crowe, T., 2001. Waterbird assemblages and associated hábitat characteristics of farm ponds in the Western Cape, South Africa. *Biodiversity and Conservation*. Rev. 10: 251-270.

Guilleman, M., Fritz, H., Guillon, N. 2000. The use of an artificial wetlands by shoveler *Anas clypeata* in western France: The role of food resources. *Ecol. (Terre Vie)*. Rev. 55.

Hamdi, N., Ismail-Hamdi, S., 2014. Testing whether artificial wetlands as hábitats for waterbirds are Good alternatives to natural wetlands: A case study of dams located in northern Tunisia. *Vie et Milieu - Life and enviroment*. Rev. 64: 47-57.

Hewson, C.M., Thorup, K., Pearce-Higgins, J.W., Atkinson, P.W. 2016. Population decline is linked to migration route in the common cuckoo. *Nature communications*. 7:12296 doi: 10.1038

Höhn, EO. 1975. Notes on Black-Headed Ducks, Painted Snipe and Spotted Tinamous. *The Auk. Rev.* 92: 566-575.

Jopp F, Reuter H, Breckling B. 2011. Modelling complex ecological dynamics. An introduction to ecological modelling. *Rev.* Springer Verlag, Berlín. pp 397.

Leschisin, D.A., Williams, G.L., Weller, M.W., 1992. Factors affecting waterfowl use of constructed wetlands in northwestern Minnesota. *Wetlands. Rev.* 12: 178–183.

Lobos, G., Jaksic, F.M. 2005. The ongoing invasión of African clawed frogs (*Xenopus laevis*) in Chile: causes of concern. *Biodiversity and Conservations. Rev.* 14: 429-439

Lyon, B. E and J. M. Eadie. 2004. An obligated brood parasite trapped in the intraspecific race of its host. *Nature. Rev.* 432: 390-393

Ma, Z., Cai, Y., Li, B., Chen, J., 2010. Managing Wetlands Habitats for Waterbirds: An International Perspective. *Wetlands. Rev.* 30: 15-27.

Marín, V., Delgado, L. 2008. Modelos conceptuales en ecología de ecosistemas: Descubriendo al elefante. *Revista Chilena de Historia Natural. Rev* 81: 437-439

Marín, V., Tironi, A., Delgado, L., Contreras, M., Novoa, F., Torres-Gómez, M., Garreaud, R., Vila, I., Serey, I., 2009. On the sudden disappearance of *Egeria densa* from a Ramsar wetlands site of Southern Chile: A climatic event trigger model. *Ecological Modelling. Rev.* 220: 1752-1763.

Marín, VH., Delgado, LE., Tironi, A. 2015. Capítulo 16: Transdisciplina, sistemas y ecosistemas. En: Montecinos V, Orlando J (eds). *Ciencias Ecológicas 1983-2013: Treinta años de investigaciones chilenas.* pp 283-289. Santiago, Chile.

Middleton, B. 2000. Hydrochory, seed banks, and regeneration dynamics along the landscape boundaries of a forested wetlands. *Plant Ecol. Rev.* 146: 169-184.

Moreno-Mateos, D., Meli, P., Vara-Rodríguez, M., Aronson, J. 2015. Ecosystem response to interventions: Lessons from restored and created wetland ecosystems. *Journal of applied ecology. Vol.* 52: 1528-1537.

Murray, C., Hamilton, A., 2010. Perspectives on wastewater treatment wetlands and waterbirds conservation. *Journal of Applied Ecology*. Rev. 47: 976-985.

Orlowski, G., 2013. Factors affecting the use of waste-stabilization ponds by birds: A case study of conservation implications of a sewage farm in Europe. *Ecological Engineering*. Rev. 61: 436-445.

Plan Regulador Metropolitano de Santiago 2007. Ministerio de vivienda y urbanismo. Unidad de desarrollo urbano, área de planificación, Ordenanza PRMS, República de Chile. Disponible en: <https://ciperchile.cl/pdfs/2015/03/mineria-maipu/PRMS.pdf>

Paxton, E., Yelenik, S., Borneman, T., Rose, E., Camp, R., Kendall, S., 2018. Rapid colonization of a Hawaiian restoration forest by a diverse avian community. *Restoration Ecology, The journal of the Society for ecological restoration*. Rev. 26(1): 165-173.

Quantitativa estudios ambientales. 2008. Dinámica espacial de las aves acuáticas de la Provincia de Chacabuco, informe final. Preparado para Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región Metropolitana, Santiago. pp 102

Ranta, E., Lundberg, P., Kaitala, V., 2006. Introduction. Cambridge (eds). *Ecology of Populations*. pp 3-8. The Edinburgh Building, Cambridge, UK.

Moreno-Mateos, M., Meli, P., Vara-Rodríguez, M., Aronson, J., 2015. Ecosystem response to interventions: lessons from restored and created wetlands ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. Rev. 52: 1528-1537.

Rees, E. C. and N. Hillgarth. 1984. The breeding biology of captive Black-Headed Ducks and the behaviour of their Young. *Condor*. Rev 86: 242-250.

Ritter y Sweet, 1993. Rapid colonization of a human-made wetlands by Mariana Common Moorben on Guam. *Wilson Bull.*, Rev. 105(4): 685-687.

Salgado, B. 2016. Ecología funcional: una herramienta para la generación de conocimiento científico frente a la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Salgado, B (eds). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolo y aplicaciones*. Pp 14-25, 214-226. Bogotá, Colombia.

Sánchez-Zapata, J.A., Anadón, J.D., Carrete, M., Giménez, A., Navarro, J., Villacorta, C., Botella, F. 2005. Breeding waterbirds in relation to artificial pond

attributes: implications for the design of irrigation facilities. *Biodiversity and Conservation*. Rev. 14: 1625-1639.

Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza), Pág.7

Sierra Bravo, 2003. Teorías y ejercicios. Editorial Paraninfo S.A. Técnicas de investigación social. Novena edición revisada y ampliada. pp 304-322. Madrid, España.

Snell-Rood, E.C., Cristol, D.A., 2003. Avian communities of natural and created wetlands: Bottomland forest in Virginia. *Condor*. Rev. 105: 303-315.

Tala, C. 2015. Ficha de antecedentes de especie de *Heteronetta atricapilla*. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas12proceso/pac/Heteronetta\\_atricapilla\\_12RCE\\_INICIO.pdf](http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/fichas12proceso/pac/Heteronetta_atricapilla_12RCE_INICIO.pdf)

Velasquez, C., 1992. Managing Artificial Saltpans as a Waterbirds Habitats: Species responses to Water Level Manipulation. *Colonial Waterbirds*. Rev. 15: 43-55.

Vilina, Y.A., Cofré, H. 2000. "El Niño" effects on the abundance and hábitat association patterns of four grebes species in Chilean wetlands. *Waterbirds*. Rev. 23(1): 95-101.

Vilina, Y.A., Cofré, H.L., Silva-García, C., García, M.D., Pérez-Friedenthal, C. 2002. Effects of El Niño on abundance and breeding of black-necked swans on El Yali wetlands in Chile. *Waterbirds* (Special publication) 123-127.

Wang, R., Wu, F., Chang, Y., Yang, X., 2016. Waterbirds and their Habitat Utilization of Artificial Wetlands at Dianchi Lake: Implication for Waterbirds Conservation in Yunnan-Guizhou Plateau Lakes. *Wetlands*, Rev. 36: 1087-1095

Weller, M. W., 1967. Distribution and habitat selection of the Black-headed Duck (*Heteronetta atricapilla*). *Hornero*. Rev. 10(4): 299-306

Weller, M.W. 1968. The breeding biology of the parasitic black-headed Duck. *Living Bird*. Rev. 7: 169-208.

Zuur, A., Leno, E., Elphick, C., 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*. Rev. 1: 3-14.

## **ANEXOS**

Anexo 1	Encuesta Socio-Ecológica
Anexo 2	Resultados encuesta socio-ecológica
Anexo 3	Matriz de valores de los análisis de componentes principales

## Anexo 1: Encuesta Socio-Ecológica

A continuación, se presentan las 47 preguntas correspondientes a la encuesta realizada a los trabajadores de la planta de tratamiento de aguas servidas La Farfana durante los meses de enero y febrero del año 2018:

1. ¿Hace cuánto tiempo trabaja en la planta de aguas servidas La Farfana?
  
2. ¿Qué traslado usa para llegar a la planta regularmente?
  - Buses de acercamiento de la empresa
  - Auto particular
  - Colectivos
  - Locomoción colectiva (micros)
  - Otro \_\_\_\_\_
  
3. ¿Ha detectado cambios con respecto a las actividades presentes en los alrededores de la planta de tratamiento? ¿A cuáles corresponden mayormente?
  - No he notado cambios
  - Agricultura
  - Minería
  - Crecimiento urbano
  - Otros \_\_\_\_\_

4. ¿Desde hace cuánto tiempo ha notado más el cambio?

No he notado cambios	Menos de 1 año	1 año	2 años	Más de 2 años
----------------------	----------------	-------	--------	---------------

5. ¿Ha detectado cambios con respecto al nivel de ruido perceptible en las cercanías de la planta?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 6, 7 y 8, de ser negativo saltarse a pregunta N°9**

6. ¿Cómo considera este cambio?

Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
----------	------	--------	------	----------

7. ¿En qué zona se detecta la presencia de ruido?

8. ¿A qué hora del día principalmente se detecta el ruido?

- Mañana (8:00 – 12:00)
- Hora de almuerzo (12:00 – 16:00)
- Tarde (16:00 – 20:00)
- Otra

9. ¿Ha notado un aumento del flujo vehicular en las cercanías de la planta?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 10, 11 y 12, de ser negativo saltarse a pregunta N°13**

10. ¿Cómo consideraría este cambio?

Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
----------	------	--------	------	----------

11. ¿En qué zona se detecta el aumento del flujo vehicular?

12. ¿A qué hora del día principalmente se detecta el mayor flujo?

- Mañana (8:00 – 12:00)
- Hora de almuerzo (12:00 – 16:00)
- Tarde (16:00 – 20:00)
- Otra

13. ¿Ha notado un incremento en la emisión de material particulado (polvo) hacia la planta?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 14, 15 y 16, de ser negativo saltarse a pregunta N°17**

14. ¿Cómo consideraría este cambio?



Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
----------	------	--------	------	----------

15. ¿En qué zona se detecta el material particulado?

16. ¿A qué hora del día principalmente se detecta el material particulado?

- Mañana (8:00 – 12:00)
- Hora de almuerzo (12:00 – 16:00)
- Tarde (16:00 – 20:00)
- Otra

17. ¿Ha notado un aumento en la presencia de perros en las instalaciones de la planta?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 18, 19 y 20, de ser negativo saltarse a pregunta N°21**

18. ¿Cómo considera este cambio?

Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
----------	------	--------	------	----------

19. ¿En qué zona se detecta principalmente la presencia de perros?

20. ¿En qué época considera que la presencia de los perros es mayor en la planta?

Otoño	Invierno	Primavera	Verano
-------	----------	-----------	--------

21. ¿Conoce la laguna presente en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas servidas La Farfana?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativa la respuesta a la pregunta N°21 continuar con el resto de las preguntas:**

22. ¿La visita? ¿Con que frecuencia a la semana?

Nunca	1 vez	2 veces	Más de 2 veces
-------	-------	---------	----------------

¿Por qué? \_\_\_\_\_

23. ¿Sabe porque se realizó la construcción de la laguna en las instalaciones de la planta?
24. ¿Qué piensa sobre contar con una laguna dentro de las instalaciones de la planta, que labores consideraría que este cumple?
25. ¿Conoce a algún animal (aves) que se encuentran presentes en la laguna ambiental, cual le llama más la atención?
26. ¿Ha notado cambios en los animales presentes en la laguna, en cuanto a los que se encuentran presentes y a la cantidad de estos?
27. ¿Ha notado cambios en los alrededores de la laguna ambiental (características de la orilla, vegetación)? ¿Cuáles?
28. ¿Ha detectado cambios con respecto a las actividades presentes en los alrededores de la laguna La Farfana? ¿Cuáles?
29. ¿Ha notado la presencia de la especie Sapo africano?



SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 30, 31, 32 de ser negativo saltarse a pregunta N°33**

30. ¿Cómo consideraría esta presencia?

1	10	Más de 10
---	----	-----------

31. ¿En qué zona de la laguna se detecta principalmente la presencia de sapo africano?

32. ¿En qué época considera que la presencia de sapo africano es mayor en la planta?

Otoño	Invierno	Primavera	Verano
-------	----------	-----------	--------

33. ¿Ha notado la presencia de capas de algas en la parte superior de la laguna?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 34, 35 y 36 de ser negativo saltarse a pregunta N°37**

34. ¿Cómo consideraría esta presencia?

Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
----------	------	--------	------	----------

35. ¿En qué zona de la laguna se detecta principalmente la presencia de capas de algas?

36. ¿En qué época considera que la presencia de capas de alga es mayor en la planta?

Otoño	Invierno	Primavera	Verano
-------	----------	-----------	--------

37. ¿Ha visto la presencia de perros en los alrededores de la laguna?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas de la N° 38 a la N° 43, de ser negativo saltarse a la pregunta N° 44**

38. ¿Cómo consideraría esta presencia?

1	10	Más de 10
---	----	-----------

39. ¿En qué zona de la laguna se detecta principalmente la presencia de perros?

40. ¿En qué época considera que la presencia de perros es mayor en la planta?

Otoño	Invierno	Primavera	Verano
-------	----------	-----------	--------

41. ¿Ha presenciado perros cazando o comiendo a los animales presentes en la laguna?

42. ¿Ha presenciado perros bañándose en la laguna?

43. ¿Ha notado la presencia de perros de caza al interior de la planta? ¿En qué zona?

44. ¿Ha visto la presencia de personas ajenas a la planta en los alrededores de la laguna?

SI	NO
----	----

**De ser afirmativo contestar preguntas N° 45, 46 y 47, de ser negativo ¡Ha terminado la encuesta!**

45. ¿Ha visto a estas personas bañarse en la laguna o molestar a los animales presentes en ella?

46. ¿En qué época del año nota esta presencia?

Otoño	Invierno	Primavera	Verano
-------	----------	-----------	--------

47. ¿Desde cuándo tiempo ha notado la presencia de personas ajenas a la planta?

Nunca		1 vez	2 veces	Más de 2 veces
-------	--	-------	---------	----------------

## **Anexo 2: Resultados encuesta Socio-Ecológica**

### *Valores estadísticos*

A continuación, se presentan los resultados de las preguntas que resultaron estadísticamente fuera del azar. Estas se encuentran diferenciadas por el tiempo en que

el encuestado se encuentra trabajando en el lugar y en base al tipo de labor que realizan y se encuentran en la Tabla A1 y Tabla A2 respectivamente.

Tabla A1. Tabla con los valores de significancia estadísticos obtenidos en las preguntas de la encuesta con respecto al tiempo que los encuestados llevan trabajando en la zona.

N° Pregunta	F	Sig.
3	2,397	,088
4	2,671	,066
6	4,987	,007
20	5,048	,006
23	2,518	,078
26	2,911	,051
34	5,535	,004
35	6,152	,002
36	3,545	,027
37	3,426	,030
38	4,972	,007
39	2,544	,076
40	5,199	,005
41	3,160	,040
42	3,007	,046
43	3,181	,039
45	2,298	,098
47	3,419	,030

Tabla A2. Tabla con los valores de significancia estadísticos obtenidos en las preguntas de la encuesta con respecto al tipo de labor que los encuestados realizan en la planta de tratamientos.

N° Pregunta	F	Sig.
10	2,209	,094
18	5,283	,003
19	2,877	,041
28	3,144	,030
30	5,528	,002
31	2,935	,038
32	3,925	,012
34	2,394	,074
45	3,463	,020
47	3,005	,035

### Gráficos de los resultados

¿Conoce la laguna presente en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas La Farfana?

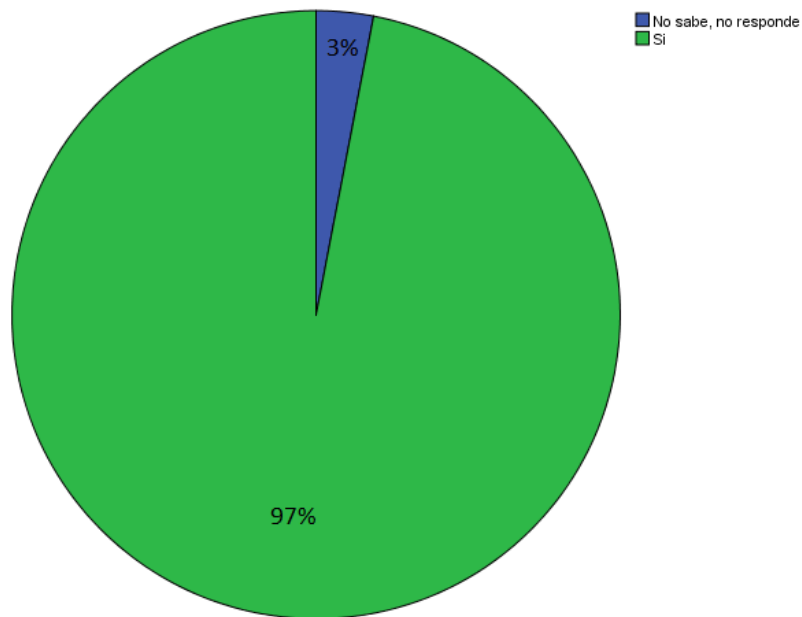


Figura A1. Gráficos de las respuestas sobre la pregunta ¿Conoce la laguna presente en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas La Farfana?, donde el color azul corresponde a No sabe o no responde, y el color verde a Si.

¿Visita la laguna, y de ser así con qué frecuencia?

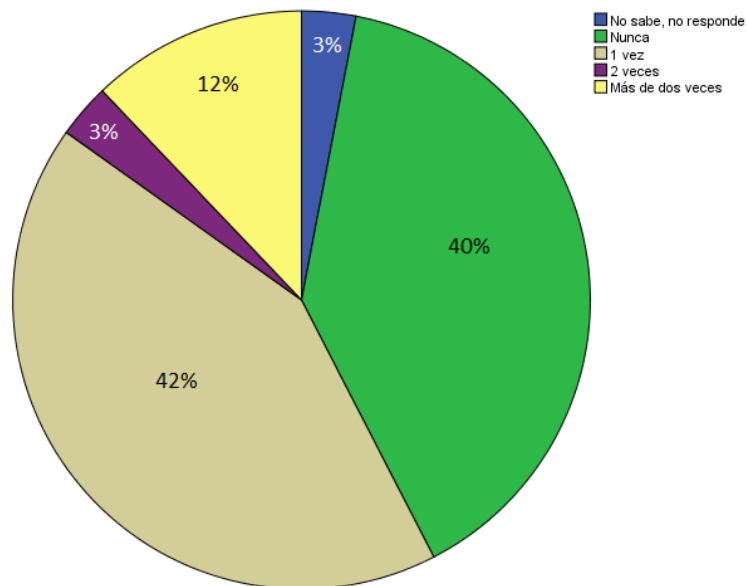


Figura A2. Gráficos de las respuestas sobre la pregunta ¿Visita la laguna, y de ser así con qué frecuencia?, donde el color azul corresponde a No sabe no responde, el color verde a Nunca, el color plomo a 1 vez, el color morado a 2 veces, y el color amarillo a más de dos veces.

¿Sabe porque se realizó la construcción de la laguna en las instalaciones de la planta?

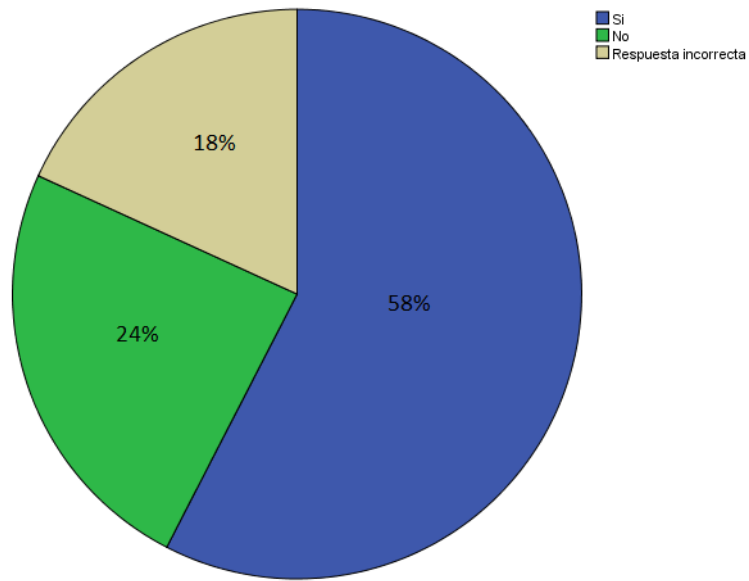


Figura A3. Gráficos de las respuestas sobre la pregunta ¿Sabe porque se realizó la construcción de la laguna en las instalaciones de la planta?, donde el color azul corresponde a Si, el color verde a No, y el color plomo a respuestas incorrectas.

¿Qué labores considera que cumple la laguna?

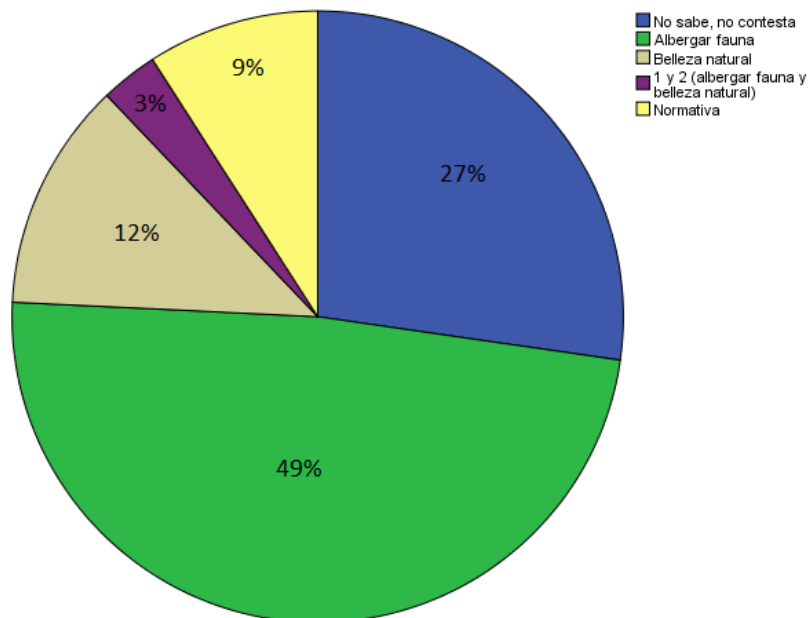


Figura A4. Gráficos de las respuestas sobre la pregunta ¿Qué labores considera que cumple la laguna?, donde el color azul corresponde a No sabe o no contesta, el color verde a Albergar fauna, el color plomo a Belleza natural, el morado a 1 y 2, y el color amarillo a Normativa.

¿Ha detectado cambios con respecto a la fauna que visita la laguna?

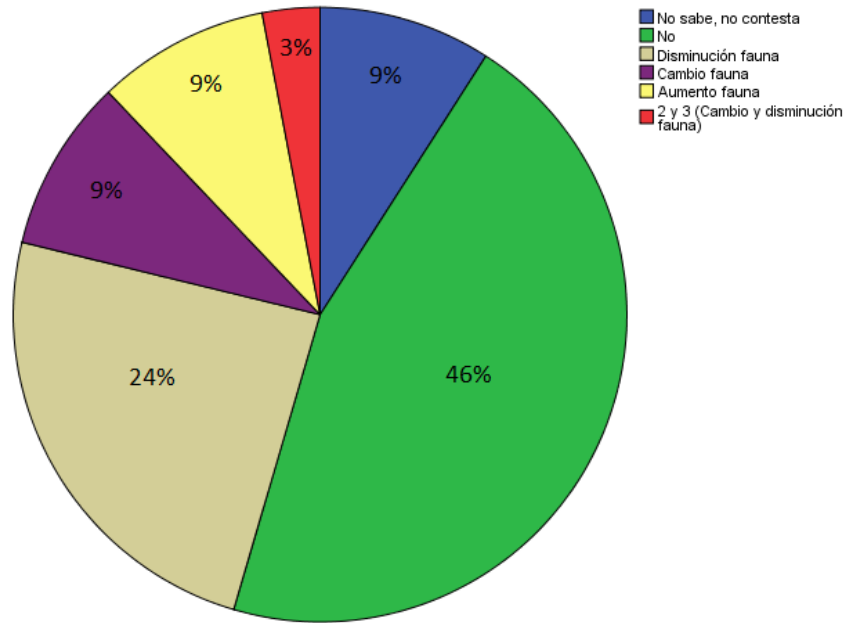


Figura A5. Gráficos de las respuestas sobre la pregunta ¿Ha detectado cambios con respecto a la fauna que visita la laguna?, donde el color azul corresponde a No sabe o no responde, el color verde a No, el color plomo a Disminución de la fauna, el color morado a Cambio en la fauna, el color amarillo en Aumento de la fauna, y el color rojo a 2 y 3.

¿Conoce algún ave que se encuentre presente en la laguna?



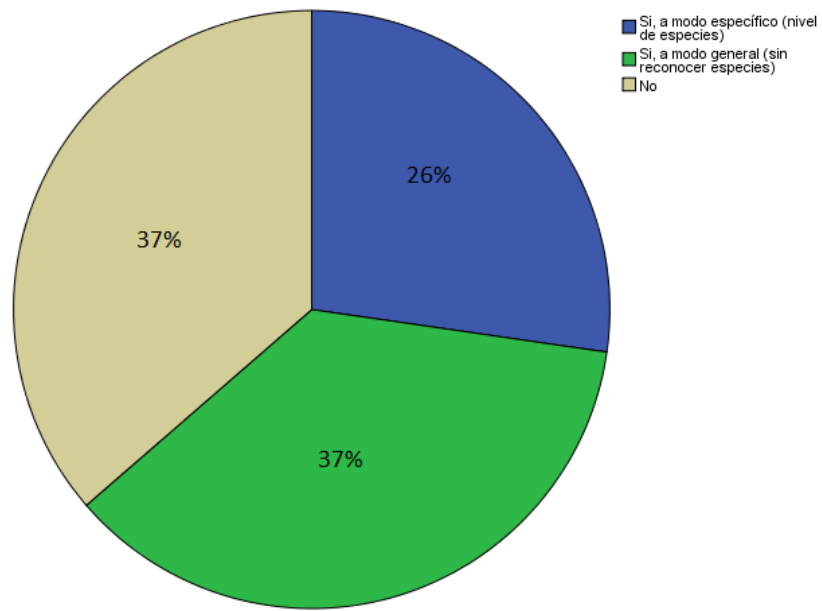


Figura A6. Gráficos de las respuestas sobre la pregunta ¿Conoce algún ave que se encuentre presente en la laguna?, donde el color azul corresponde Si conoce y a modo específico, el color verde a Si en forma general, y el color plomo a No sabe o no responde.

### Anexo 3: Matriz de valores de los análisis de componentes principales

La matriz de valores de los componentes principales de la laguna con rotación VARIMAX para la totalidad de los datos (comunidad aviar, condiciones meteorológicas y de condiciones de la laguna) y para la comunidad aviar se encuentran presentes en la Tabla A3 y Tabla A4 respectivamente.

Tabla A3. Valores de los componentes principales del análisis realizado a los datos de la comunidad aviar, meteorológicos y de condiciones de la laguna.

	1	2
YEAR	0,498	0,803
MES	0,055	0,129
PRINCONERO	-0,054	0,143
PCUCHARA	-0,081	-0,629
PGARGANTILLO	0,076	-0,277
PJERGONG	0,139	0,013
PRANAD	-0,183	-0,762
PRANAA	0,585	-0,16
PREAL	-0,381	-0,002
GCAHUIL	0,536	0,148
GFRANKLIN	0,602	-0,01
QUELTEHUE	-0,574	-0,174
TAGUA	-0,6	-0,304
TCHICA	-0,765	-0,24
TFRETEROJA	-0,61	-0,319
PIMPOLLO	-0,287	-0,722
BLANQUILLO	-0,247	-0,892
YECO	0,356	0
PJERGONC	-0,078	0,542
CCUELLONEGRO	-0,19	0,246
GGRANDE	-0,081	0,125
PCOLORADO	-0,084	0,611
GBOYERA	-0,386	-0,011
PICURIO	0,575	0,658
GDOMINICANA	-0,369	0,257
PIDEN	0,133	0,049
TAGUITA	-0,231	0,078
PERRITO	0,063	-0,077
HUAIRAVO	0,181	0,776
GCUCA	0,323	0,049
GCHICA	0,273	0,255
HUALA	0,539	0,503
CCOSCOROBA	0,236	0,07
PNEGRO	0,236	0,07
TEMP	0,593	-0,522
HR	-0,661	0,483
WD	0,633	-0,092
WS	0,568	-0,626
PP	-0,398	0,373
RS	0,813	-0,479
PH	-0,271	0,063

TEMPL	0,755	-0,468
ALCALINIDAD	0,053	0,128
NTK	0,295	0,22
OXIGENO	0,048	-0,213
FOSFORO	0,205	-0,334
COLIFORMES	-0,056	-0,089
CLOROFILAA	-0,161	0,002
PRESION	0,385	0,763

Tabla A4. Valores de los componentes principales del análisis realizado a los datos de la comunidad aviar de la laguna.

	1	2
PRINCONERO	0,106	0,59
PCUCHARA	-0,587	-0,344
PGARGANTILLO	-0,166	-0,032
PJERGONG	0,134	0,33
PRANAD	-0,721	-0,234
PRANAA	0,196	-0,626
PREAL	-0,213	0,509
GCAHUIL	0,452	-0,412
GFRANKLIN	0,379	-0,312
QUELTEHUE	-0,488	0,121
TAGUA	-0,557	0,53
TCHICA	-0,621	0,566
TFRETEROJA	-0,597	0,552
PIMPOLLO	-0,751	0,017
BLANQUILLO	-0,858	-0,309
YECO	0,234	-0,123
PJERGONC	0,433	0,516
CCUELLONEGRO	0,071	0,46
GGRANDE	0,073	0,352
PCOLORADO	0,449	0,506
GBOYERA	-0,226	0,32
PICURIO	0,883	-0,011
GDOMINICANA	-0,002	0,266
PIDEN	0,14	0,029
TAGUITA	-0,081	0,339
PERRITO	-0,005	-0,025
HUAIRAVO	0,691	0,241
GCUCA	0,244	-0,042
GCHICA	0,403	0,195
HUALA	0,756	-0,111
CCOSCOROBA	0,243	-0,12

PNEGRO	0,243	-0,12
--------	-------	-------