



---

## **Análisis Histórico Monitoreo Aves Acuáticas Tranque San Rafael y Laguna Batuco**

Monitoreo estacional de avifauna según RCA 135/12

Sacyr Concesiones Agua

---



**Septiembre 2022**

## Índice

1	Introducción .....	2
2	Metodología .....	3
3	Resultados.....	3
3.1	Tranque San Rafael.....	3
3.1.1	Generalidades .....	3
3.1.2	Análisis por especie .....	5
3.2	Laguna Batuco .....	10
3.2.1	Generalidades .....	10
3.2.2	Análisis por especie .....	12
3.3	Análisis comparado entre el tranque San Rafael y la laguna Batuco .....	16
3.3.1	Generalidades .....	16
3.3.2	Análisis por especie .....	18
4	Discusión y conclusiones .....	22
5	Referencias.....	25

## 1 Introducción

De acuerdo al EIA del Proyecto "Reconversión Tecnológica Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada", el tranque San Rafael es parte del sistema del humedal de Batuco, presentando básicamente la misma avifauna acuática que la laguna, aunque difiriendo en algunas especies migratorias particularmente los playeros, que se reportaron sólo en la laguna del humedal Batuco.

En la RCA 135 del Proyecto "Reconversión Tecnológica Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada" de marzo de 2012, se señala que, como parte del proyecto, se realizará el secado de las lagunas 2 y 3, la construcción de un humedal artificial, y el secado del tranque artificial San Rafael una vez alcanzados los objetivos del humedal artificial. La construcción de este humedal artificial tiene por objetivo compensar la pérdida de hábitat, producto del futuro secado del tranque San Rafael.

El humedal artificial será del tipo "laguna somera", con alta biomasa de macrófitas sumergidas y riberas de flora nativa de manera de tener un sistema de aguas claras rico en alimento para sustentar una mayor biodiversidad de aves, implicando un mejor hábitat y de mejor calidad que el tranque San Rafael. El humedal artificial cubrirá una superficie de 6,4 ha y tendrá una profundidad de 0,4 a 1 m (según la descripción de proyecto contenida en el EIA).

La condición para el inicio del secado del tranque San Rafael es que la densidad de avifauna en el humedal artificial deberá ser similar a la histórica del tranque durante ocho medidas estacionales consecutivas, es decir en el plazo de dos años, o bien, una densidad superior a la histórica del tranque en cuatro medidas estacionales consecutivas, es decir, que las mediciones acrediten que las condiciones en el humedal artificial son mejores a la medición histórica del tranque San Rafael en el plazo de un año corrido. Si esta condición no se consigue, se continuará alimentando el tranque San Rafael con agua tratada, hasta que las mediciones de densidad de avifauna cumplan con el Indicador de Cumplimiento de la medida de compensación que se ha establecido. Por tanto, la eliminación de la descarga del agua tratada al tranque San Rafael queda sujeta al éxito del humedal artificial.

Para verificar el éxito de esta medida de compensación, se medirán los indicadores de abundancia y riqueza, calculados estacionalmente, para los que deberán obtenerse valores similares o mejores que los determinados con los registros históricos del tranque San Rafael, correspondiendo a: 80% de la cantidad de aves históricas del tranque (Abundancia), y 80% de la cantidad de especies históricas en el tranque (Riqueza).

La evaluación se efectuará anualmente para cada estación del año, considerando las mediciones de tres años, para los que deberá cumplirse las cuantías indicadas, siempre que no existan modificaciones significativas de las condiciones ambientales del entorno, no atribuibles al proyecto o al titular. La evaluación se efectuará anualmente una vez que se hayan efectuado las mediciones trimestrales para cada estación del año, y se extenderán por 10 años una vez secado el Tranque San Rafael.

A continuación, se hace un breve análisis histórico de los datos del monitoreo estacional de avifauna que se viene realizando en el tranque San Rafael, de modo de tener una aproximación a los valores de referencia de densidad y riqueza a que debería aspirar el humedal artificial para cumplir con su objetivo de ser una medida de compensación adecuada ante el secado del traque San Rafael. Además, se integran en el análisis los datos de seguimiento obtenidos en la laguna Batuco, la cual fue incorporada en el monitoreo como sitio control.

## 2 Metodología

Se revisaron los informes de monitoreo estacionales realizados en el traque San Rafael y en la laguna Batuco. Estos comprendieron los datos obtenidos regularmente entre 2015 y 2021. Además, se incluyeron algunos datos obtenidos en el contexto del Censo Neotropical de Aves Acuáticas en el invierno de 2009 en el caso de la laguna Batuco y del invierno de 2011 en el tranque San Rafael. Además, para la laguna Batuco se incorporaron datos del año 2022 aportados por la Fundación San Carlos.

Tanto para el tranque San Rafael como para la laguna Batuco se analizaron los datos de riqueza y abundancia, en términos del número total de individuos y por especie, y de la densidad total y por especie. Además, se hicieron algunas caracterizaciones para el caso de las especies más abundantes en ambos sitios, dado que ellas son las que más influyen en la densidad total de aves, parámetro relevante en términos de las exigencias establecidas en la RCA.

Para la estimación de la densidad de aves se consideró, para el caso del tranque San Rafael, una superficie de 30 Ha, la que corresponde a la superficie visible desde los puntos de muestreo. Para la laguna Batuco en cambio, cuya superficie total es de 124 ha, se consideró 65 ha para la estimación de densidad, la que corresponde al área descubierta del espejo de agua en su nivel más alto y que es visible desde los puntos de muestreo. El resto de la superficie se encuentra cubierta por vegetación palustre, lo que impide su visibilidad desde los puntos de conteo.

Se excluyó de los datos de los monitoreos a las especies que no se consideraron propias de humedales, como el tique y el bailarín chico, restringiendo el análisis a las especies claramente vinculadas a cuerpos de agua y sus fajas ribereñas, la mayoría denominadas genéricamente como “aves acuáticas”.

## 3 Resultados

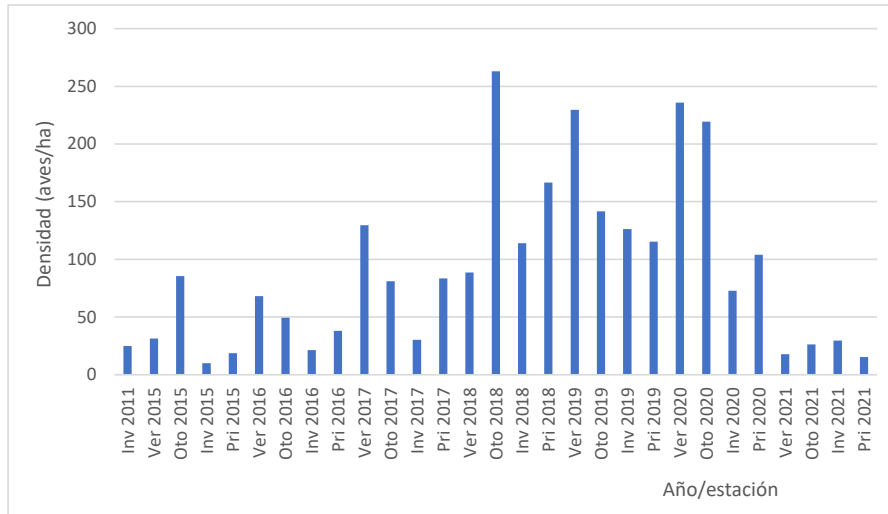
### 3.1 Tranque San Rafael

#### 3.1.1 Generalidades

En el tranque San Rafael, durante el curso de 29 campañas de muestreos, distribuidas entre el invierno de 2011 y la primavera de 2021, se registró una abundancia total promedio de  $2.729,0 \pm 2.206,5$  aves (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 7.890 aves en otoño de 2018 y un mínimo de 296 en invierno de 2015. La

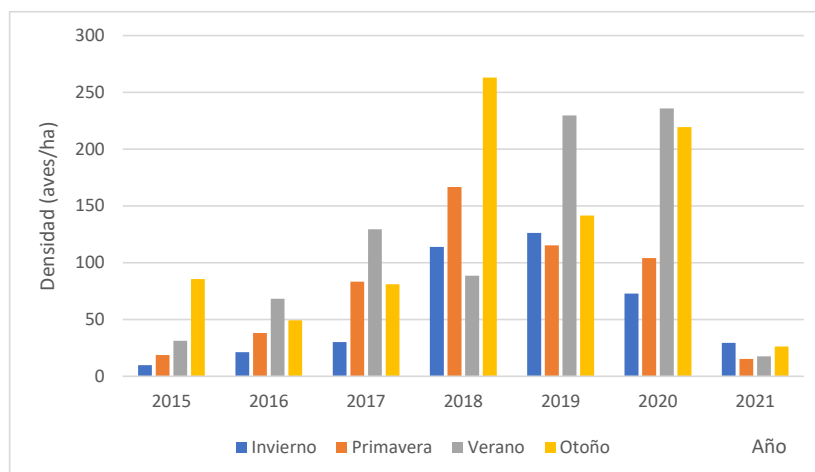
densidad total promedio fue de  $91,0 \pm 73,6$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.). La tendencia general fue a un incremento en la abundancia total hasta el otoño de 2018, luego números elevados hasta el otoño de 2020, para finalmente caer considerablemente durante los últimos años de monitoreo (Fig. 1).

**Figura 1. Densidad total de aves registrada en el tranque San Rafael.**

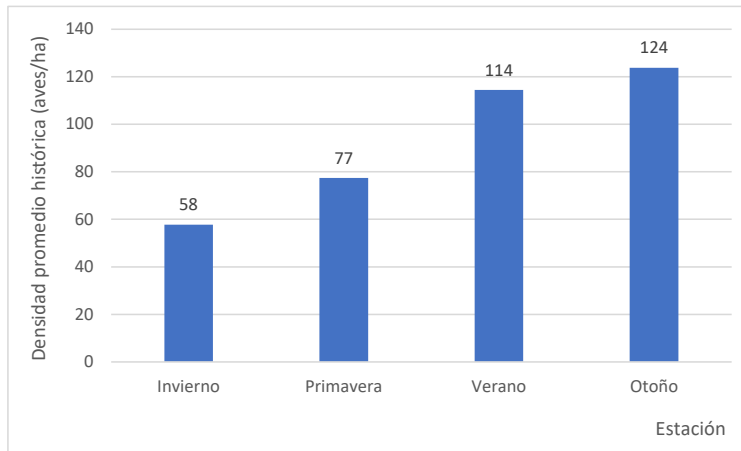


En términos estacionales, la mayor densidad total promedio se registró en otoño y verano, con  $123,8 \pm 88,6$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.) y  $114,4 \pm 88,8$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.), respectivamente. Primavera presentó una densidad promedio de  $77,4 \pm 56,3$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.). Por último, la estación del año con la menor densidad promedio fue invierno, con  $57,7 \pm 47,0$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.) (Fig. 2 y 3).

**Figura 2. Densidad estacional promedio registrada para cada año entre 2015 y 2021 en el tranque San Rafael.**



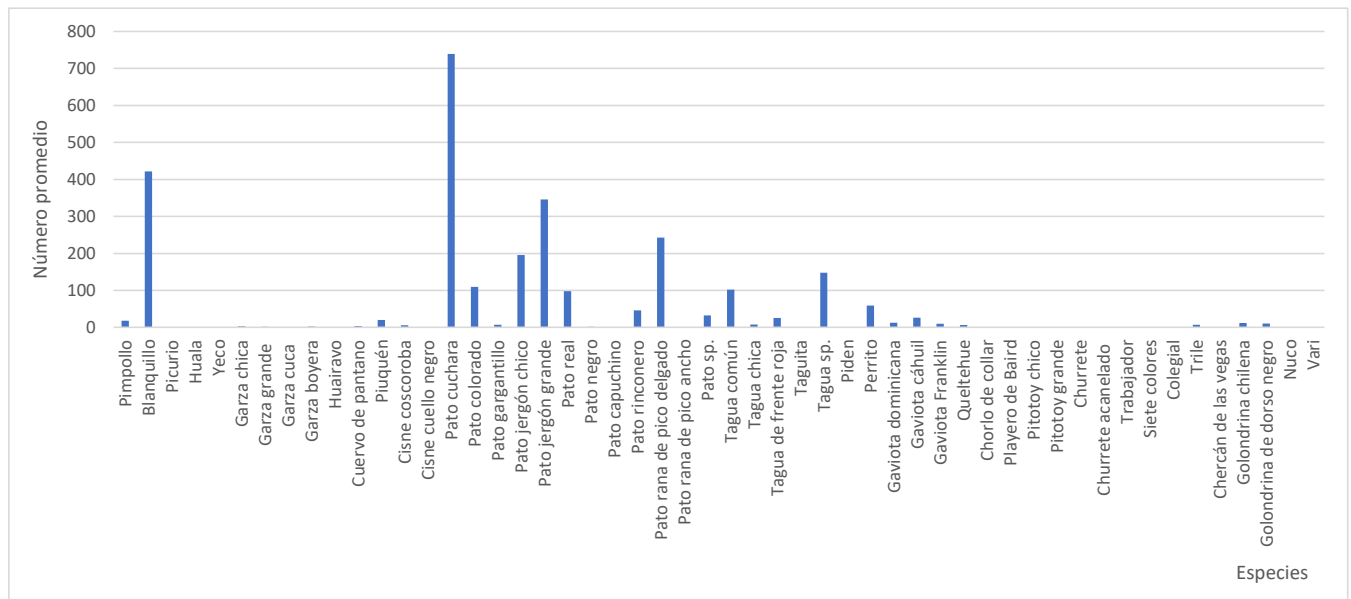
**Figura 3. Densidad promedio histórica de aves registrada para cada estación del año entre 2015 y 2021 en el tranque San Rafael.**



### 3.1.2 Análisis por especie

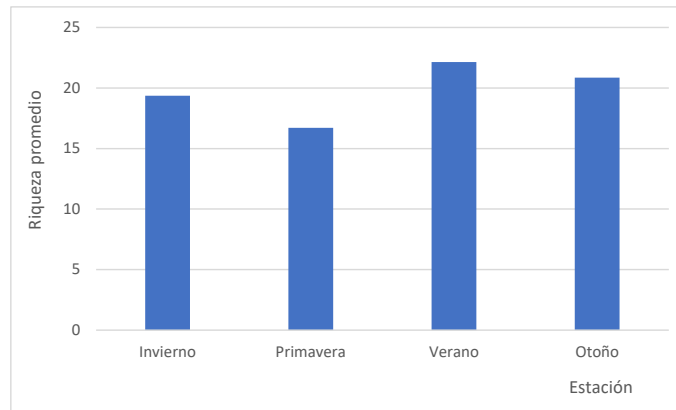
Durante todo el período de monitoreo en el tranque San Rafael se registró un total de 50 especies (riqueza), destacando por su riqueza y abundancia el grupo de los patos (familia Anatidae), seguido bastante por debajo por las taguas (familia Rallidae), y el grupo de los zambullidores, más específicamente por el blanquillo (familia Podicipedidae) (Fig. 4).

**Figura 4. Número promedio registrado por especie en el tranque San Rafael.**



La riqueza histórica acumulada en términos estacionales para el tranque San Rafael fue de 40 especies para invierno, 32 especies para primavera, 41 especies para verano y 44 especies para otoño. La riqueza promedio histórica por estación del año en el tranque San Rafael fue de  $19,4 \pm 3,1$  especies para invierno,  $16,7 \pm 2,6$  especies para primavera,  $22,1 \pm 5,7$  especies para verano, y  $20,9 \pm 5,8$  especies para otoño (Fig. 5).

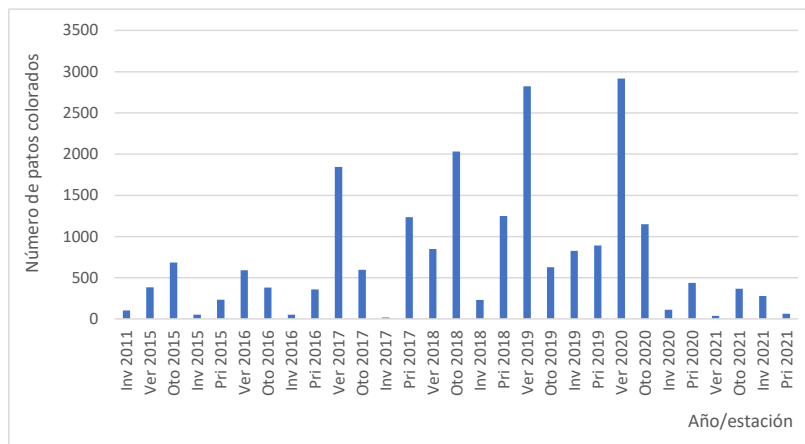
**Figura 5. Riqueza promedio por estación del año en el tranque San Rafael.**



A continuación, se hace un breve análisis de aquellas especies más abundantes.

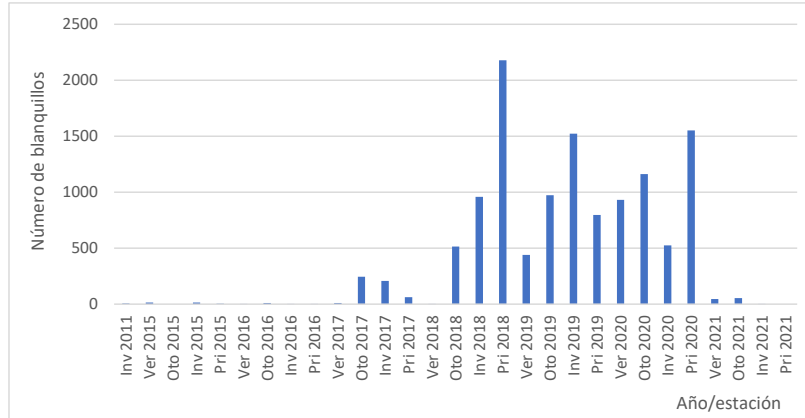
La especie que presentó mayor abundancia promedio en el tranque San Rafael, aunque con una marcada variación entre campañas, fue el pato cuchara, con un total de  $739,0 \pm 786,6$  patos (prom. ± D.E.), con un máximo de 2.916 patos durante el verano de 2020 y un mínimo de 17 patos durante el invierno de 2017. Se observó una marcada concentración en la época cálida, con promedios de  $1.350 \pm 1.186$  patos (prom. ± D.E.) en verano y  $209 \pm 265,2$  patos (prom. ± D.E.) en invierno. En general la tendencia fue a un incremento en la abundancia hasta el verano de 2020, momento a partir del cual se observó una marcada caída (Fig. 6).

**Figura 6. Abundancia de pato colorado en el tranque San Rafael.**



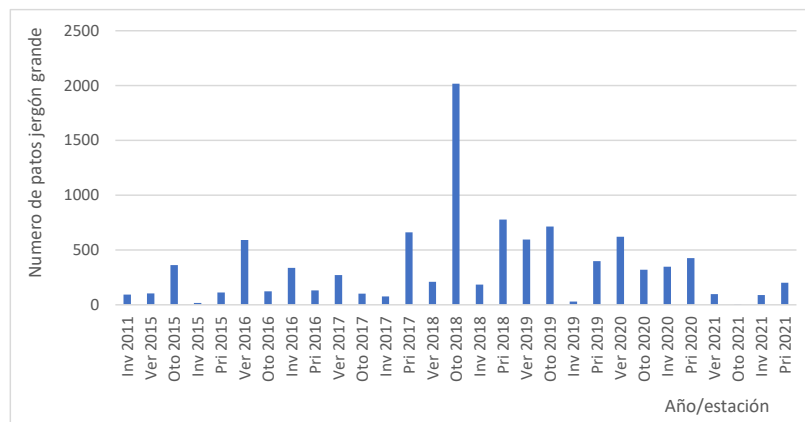
Otra especie que destacó por su abundancia en el tranque San Rafael fue el blanquillo, con una abundancia promedio de  $421,3 \pm 593,7$  individuos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 2.177 individuos en la primavera de 2018 y un mínimo de 0 en el otoño de 2015 y en la primavera de 2021. Esta especie tuvo una marcada concentración entre el otoño de 2018 y la primavera de 2020, sin una clara concentración estacional durante dicho período. Antes y después de dicho período su presencia fue escasa (Fig. 7).

**Figura 7. Abundancia de blanquillo en el tranque San Rafael.**



Por su parte el pato jergón grande registró una abundancia promedio de  $345,7 \pm 394,4$  ejemplares (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 2018 patos en el otoño de 2018 y un mínimo de 4 en el otoño de 2021. Aunque el máximo registrado el otoño de 2018 influye fuertemente en que en promedio la estación de otoño presente la máxima abundancia promedio ( $520,6 \pm 700,7$  patos), si se omite el otoño de 2018, no hay una estacionalidad clara en la abundancia. Se registra una gran variabilidad y en general la presencia de pato jergón grande fue importante durante todo el monitoreo (Fig. 8).

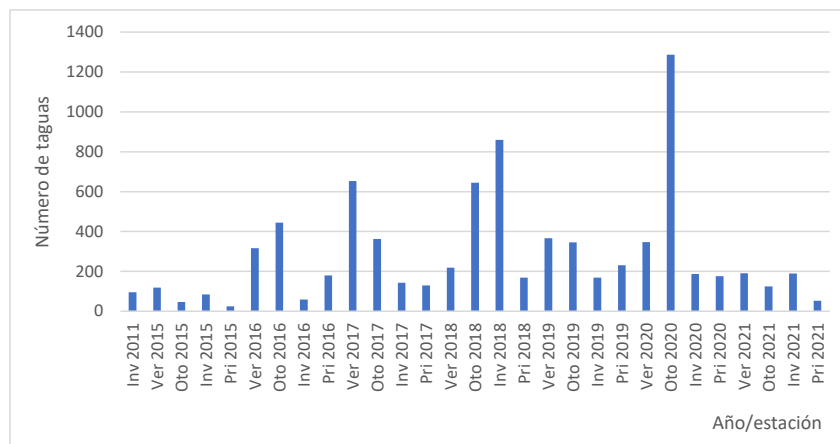
**Figura 8. Abundancia de pato jergón grande en el tranque San Rafael.**





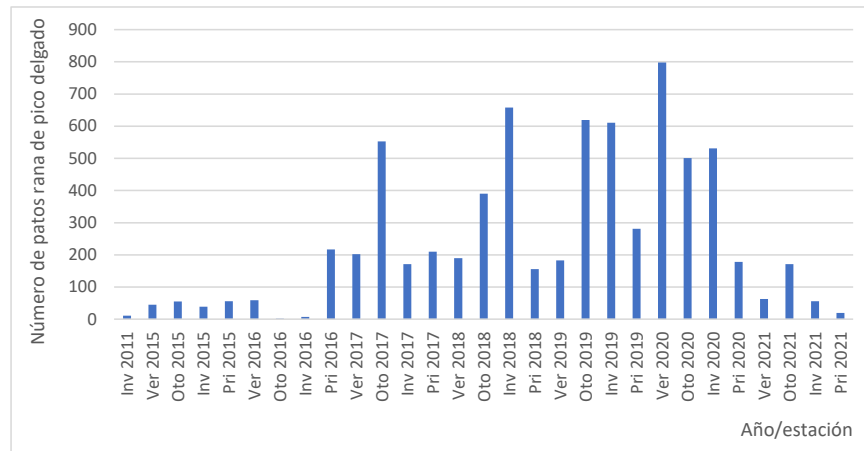
En el caso de las taguas, se registró cuatro especies, incluyendo tagua común, tagua chica, tagua de frente roja y taguita. Sin embargo, a partir de la campaña de invierno de 2018, un gran número de taguas no fueron identificadas a nivel específico, siendo incluidas en el monitoreo en un ítem genérico de “taguas sp”. Por ello, en este análisis de abundancias se consideran las taguas, sin discriminar especie, aunque cabe señalar que la tagua común es la más abundante. La abundancia promedio para todo el periodo de monitoreo fue de  $283,2 \pm 276,1$  taguas (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 1.287 en el otoño de 2020, y un mínimo de 24 en la primavera de 2015. Se observó alta presencia de taguas durante todo el período de monitoreo, con mayores concentraciones en verano y otoño, registrando un máximo estacional promedio de  $465,1 \pm 413,3$  taguas (prom.  $\pm$  D.E.) durante el otoño (Fig. 9).

**Figura 9. Abundancia de taguas en el tranque San Rafael.**



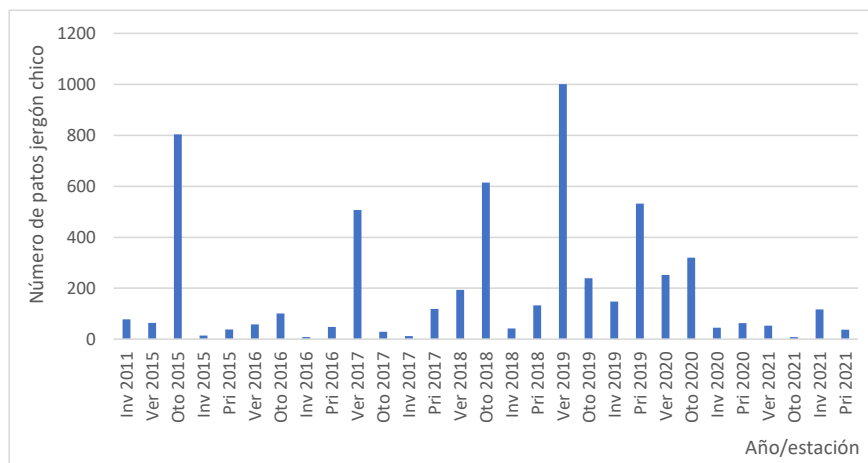
Otra especie abundante en el tranque San Rafael fue el pato rana. Cabe señalar que los informes, especialmente durante los primeros años, daban cuenta de la presencia exclusiva de pato rana de pico delgado. Posteriormente señalaban solo pato rana, sin discriminar si se trataba de la especie de pico ancho o pico delgado. Ambas especies son difíciles de diferenciar a distancia, por lo que, dado que el pato rana de pico delgado suele ser más frecuente que el de pico ancho, para efectos del análisis se considera el total de registros como la especie de pico delgado, aunque puede haber incluidos en los datos individuos de pico ancho que no fueron reconocidos como tal. Esta especie presentó una abundancia promedio para todo el periodo de  $242,5 \pm 233,6$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 798 en el verano de 2020 y un mínimo de 2 en el otoño de 2016. A pesar de este mínimo puntual de otoño, la mayor abundancia promedio se presentó en otoño, con  $327,3 \pm 249,8$  patos (prom.  $\pm$  D.E.). Cabe destacar una marcada concentración de pato rana entre el otoño de 2017 y el invierno de 2020 (Fig. 10), lo que es relativamente coincidente con la máxima presencia de blanquillo en el tranque. Ambas especies son buceadoras y parte importante de su dieta son invertebrados acuáticos y larvas de insectos.

Figura 10. Abundancia de pato rana de pico delgado en el tranque San Rafael.



El pato jergón chico fue una especie con una frecuencia irregular durante todo el monitoreo, con una abundancia promedio de  $195,8 \pm 255,2$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 1.001 patos en el verano de 2019, y un mínimo de 8 individuos en el invierno de 2016 y en el otoño de 2021 (Fig. 11). La mayor abundancia se registró en verano y otoño, con promedios de  $304,1 \pm 347,1$  y  $302,3 \pm 304,3$  patos (prom.  $\pm$  D.E.) respectivamente.

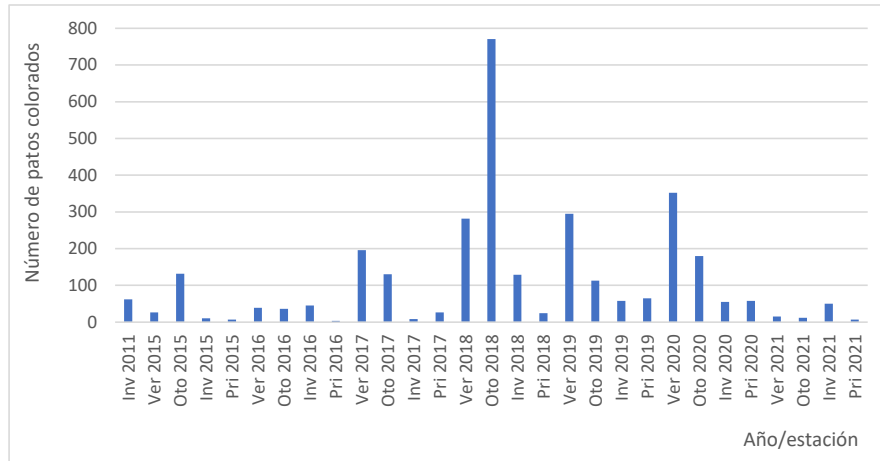
Figura 11. Abundancia de pato jergón chico en el tranque San Rafael.



Finalmente, entre las especies que destacaron por su abundancia en el tranque San Rafael se encuentra el pato colorado, el cual tuvo una frecuencia irregular durante todo el monitoreo, con una abundancia promedio de  $109,9 \pm 157,8$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 771 en otoño de 2018 y un mínimo de 3 en primavera de 2016 (Fig. 12). Al igual que el pato jergón chico, el pato colorado tuvo una mayor

abundancia promedio en verano y otoño, con  $172,1 \pm 143,7$  y  $196,3 \pm 260$  patos (prom.  $\pm$  D.E.) respectivamente.

**Figura 12. Abundancia de pato colorado en el tranque San Rafael.**

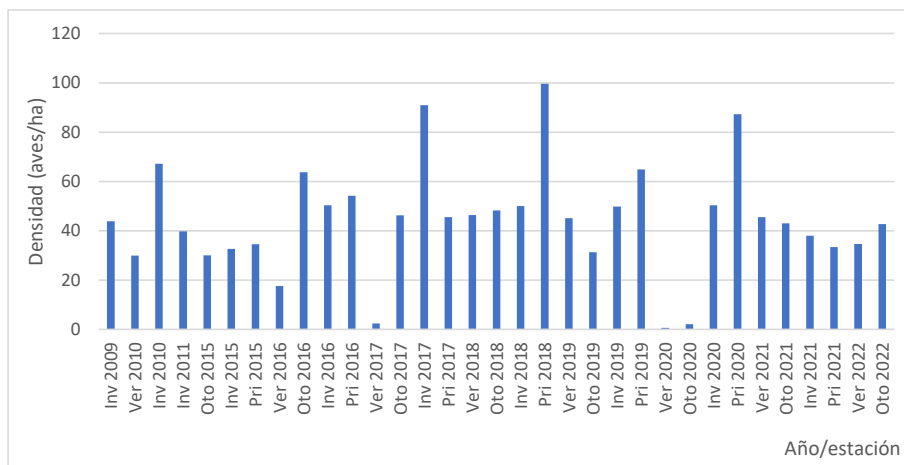


### 3.2 Laguna Batuco

#### 3.2.1 Generalidades

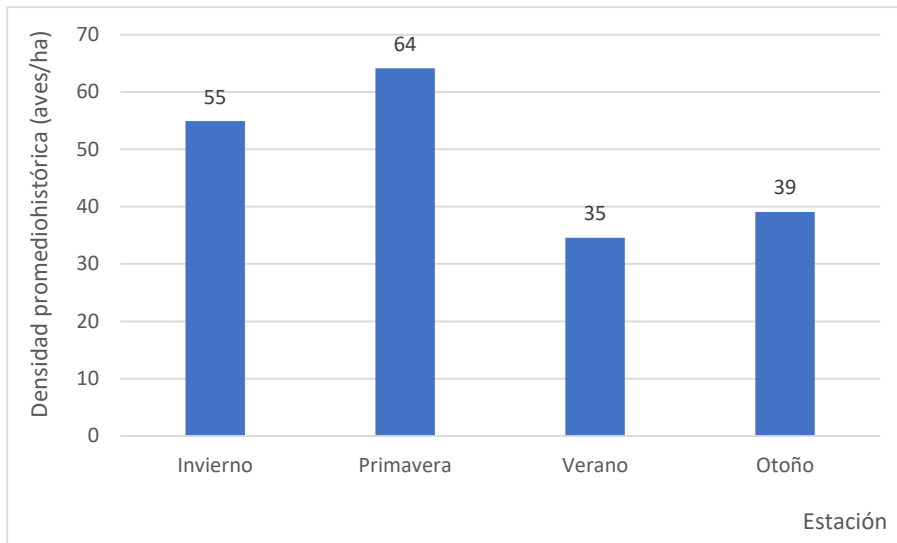
La laguna Batuco fue monitoreada como sitio control para evaluar la dinámica del ensamble de aves acuáticas del tranque San Rafael. En la laguna Batuco durante el curso de 33 campañas de muestreo distribuidas entre el invierno de 2009 y el otoño de 2022 se registró una abundancia total promedio de  $2.863,2 \pm 1.441,6$  aves (prom  $\pm$  D.E.), con un máximo de 6.439 aves en la primavera de 2018 y un mínimo de 41 en el verano de 2020. La densidad total promedio fue de  $44,3 \pm 22,3$  aves/ha (prom  $\pm$  D.E.). El patrón general observado en la laguna Batuco fue el de una abundancia total sin tendencia clara al incremento o al descenso (Fig. 13).

**Figura 13. Densidad total de aves registrada en la laguna Batuco.**

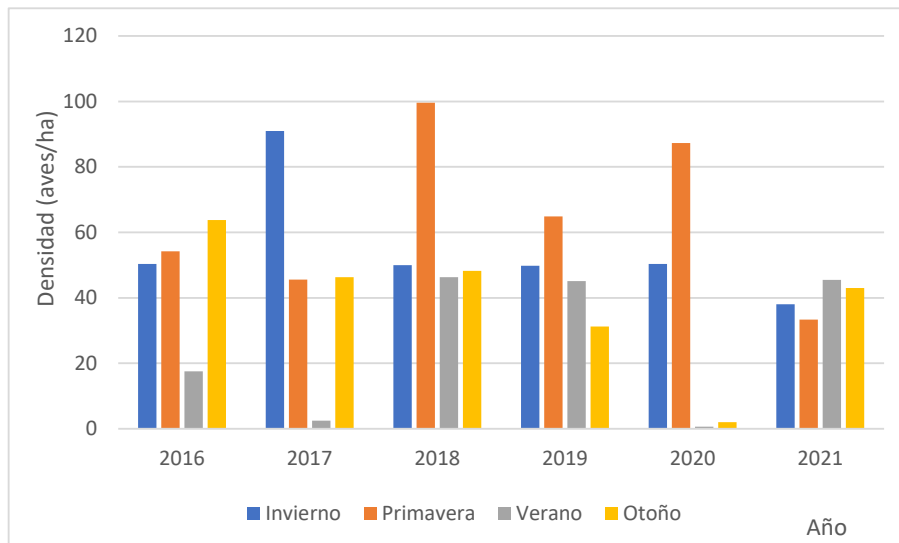


En términos estacionales, se observa una clara estacionalidad en la densidad total, con una mayor densidad promedio en primavera e invierno, con  $64,1 \pm 25,2$  aves/ha y  $55,9 \pm 25,2$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.), respectivamente. Otoño presentó una densidad promedio de  $39,1 \pm 20,9$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.). Por último, la estación del año con menor densidad promedio fue verano, con  $35,6 \pm 22,0$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.) (Figura 14). Cabe destacar la situación inusual del año 2021, en el que hubo poca variación estacional en la abundancia total promedio, situación que fue precedida por un año 2020 con escasa abundancia en verano y otoño (Fig. 15).

**Figura 14. Densidad estacional promedio registrada en la laguna Batuco.**



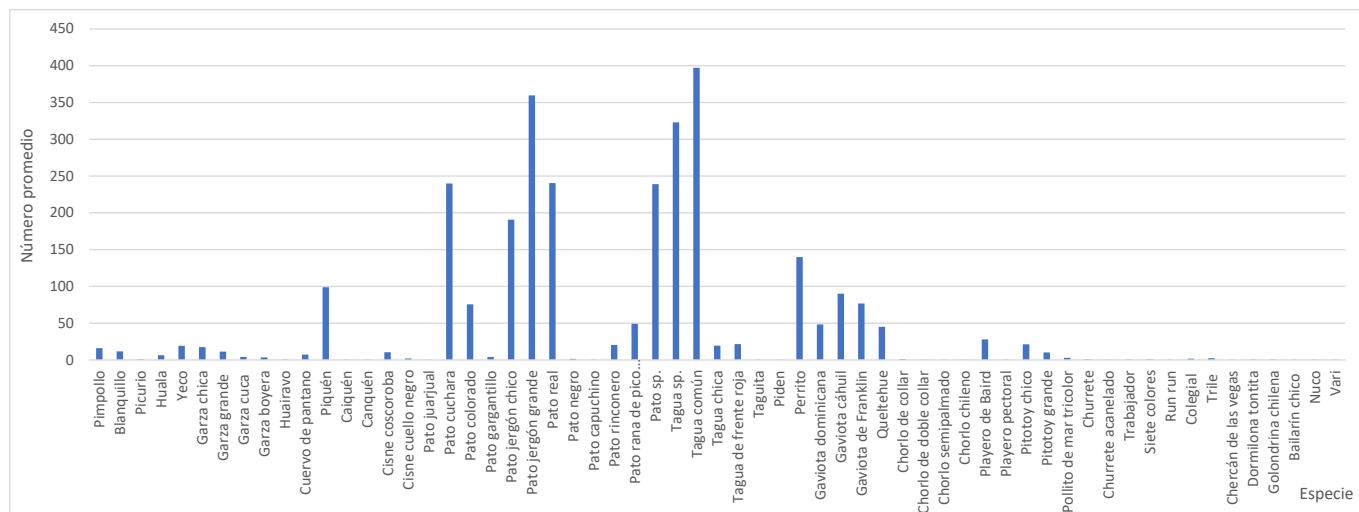
**Figura 15. Densidad promedio histórica de aves registrada para cada estación del año entre 2016 y 2021 en la laguna Batuco.**



### 3.2.2 Análisis por especie

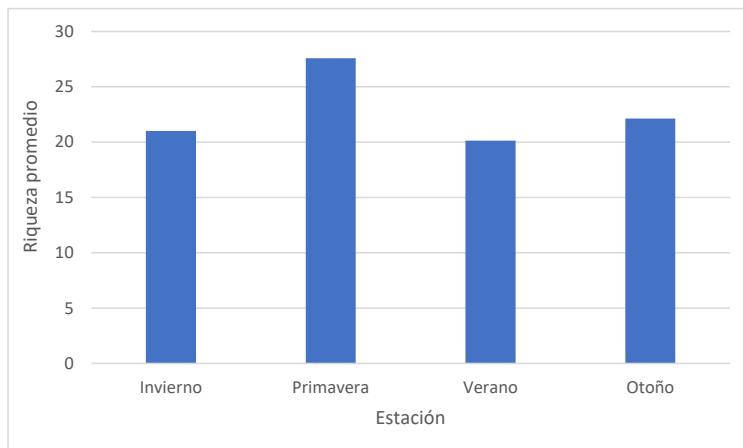
Durante todo el monitoreo se registró un total de 59 especies, destacando por su riqueza y abundancia el grupo de los patos (familia Anatidae). El grupo de las taguas (familia Rallidae) destacó también por su abundancia, aunque bastante menor que la de los patos. Finalmente, el grupo de las gaviotas y chorlos (orden Charadriiformes) también destacó por su abundancia (Fig. 16).

Figura 16. Número promedio registrado por especie en la laguna Batico.



La riqueza histórica acumulada en términos estacionales para la laguna Batico fue de 43 especies para invierno, 43 especies para primavera, 40 especies para verano y 51 especies para otoño. La riqueza promedio histórica por estación del año en la laguna Batico fue de  $21,0 \pm 7,4$  especies (prom.  $\pm$  D.E.) para invierno,  $27,6 \pm 3,4$  especies (prom.  $\pm$  D.E.) para primavera,  $20,1 \pm 11,6$  especies (prom.  $\pm$  D.E.) para verano, y  $22,1 \pm 8,6$  especies (prom.  $\pm$  D.E.) para otoño (Fig. 17).

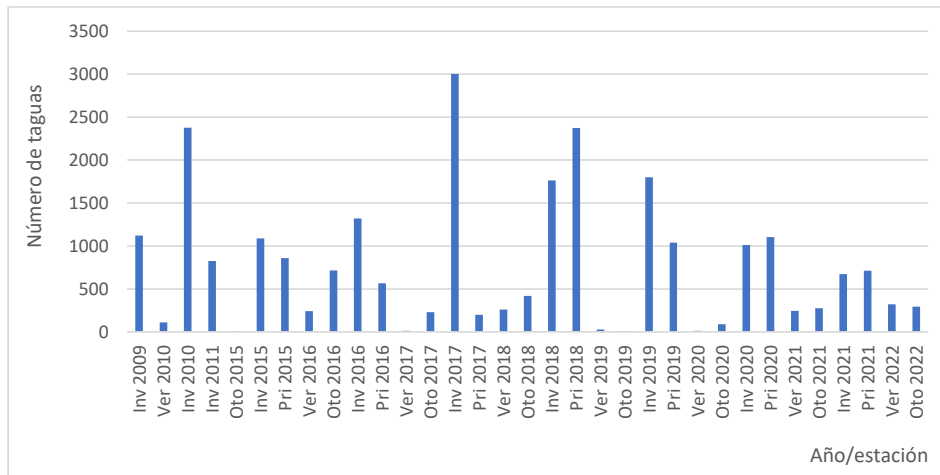
Figura 17. Riqueza promedio por estación del año en la laguna Batico.



A continuación, se hace una breve descripción de la situación de las especies más abundantes en la laguna Batuco.

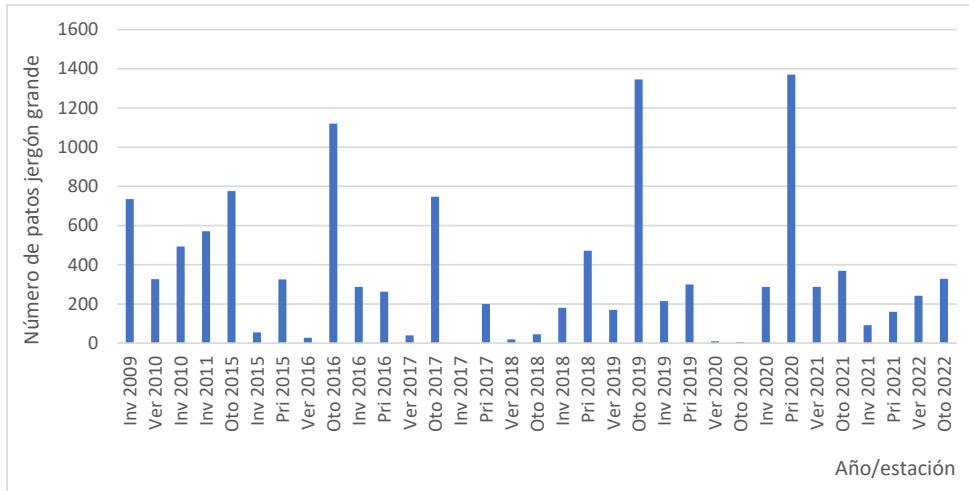
En el caso de las taguas, se registró cuatro especies, incluyendo tagua común, tagua chica, tagua de frente roja y taguita. Al igual que en el caso del monitoreo en el tranque San Rafael, en la laguna Batuco, a partir de la campaña de verano de 2018, un gran número de taguas no fueron identificadas a nivel específico, siendo incluidas en el monitoreo en un ítem genérico como taguas sp. Por ello, en este análisis de abundancias se consideran las taguas, sin discriminar especie, aunque al igual que en el tranque San Rafael, la tagua común es la más abundante. La abundancia promedio para todo el periodo de monitoreo fue de  $761,1 \pm 770,5$  taguas (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 3.002 en invierno de 2017, y un mínimo de 4 en otoño de 2019. Se observó alta presencia de taguas durante todo el período de monitoreo, sin una tendencia al aumento o disminución a lo largo del monitoreo, registrando claros máximos estacionales promedio en invierno y primavera, con  $1.498,3 \pm 738,0$  y  $979,3 \pm 686,5$  taguas (prom.  $\pm$  D.E.), respectivamente (Fig. 18).

**Figura 18. Abundancia de taguas en la laguna Batuco.**



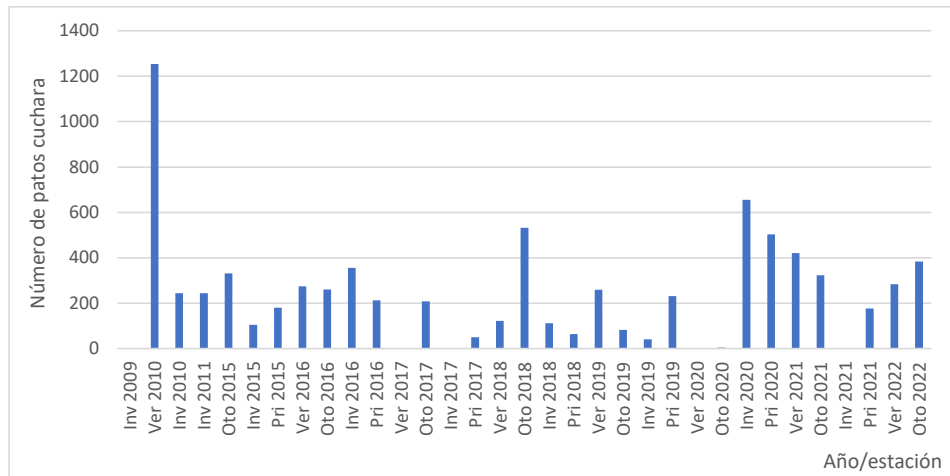
El pato jergón grande fue la especie más abundante en la laguna Batuco durante el desarrollo del monitoreo (considerando que las especies de taguas fueron agrupadas), ello sin considerar que, como se señaló en el párrafo anterior, talvez la tagua común pudo ser más abundante. El pato jergón grande registró una abundancia promedio de  $359,4 \pm 365,7$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 1.370 en primavera de 2020 y un mínimo de 0 en invierno de 2017. Su presencia fue irregular, sin una tendencia al aumento o disminución a lo largo del monitoreo (Fig. 19) y sin un patrón estacional claro.

**Figura 19. Abundancia de patos jergón grande en la laguna Batuco.**



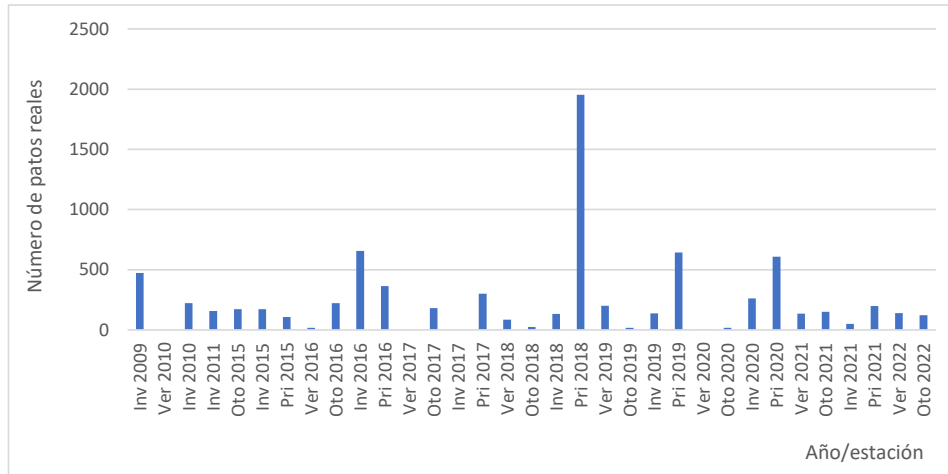
El pato cuchara fue abundante, con un promedio de  $239,9 \pm 248,4$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 1.254 en verano de 2010, y mínimo de 0 en invierno de 2009, verano de 2017, verano de 2020 e invierno de 2021. No se observó una tendencia al aumento o disminución a lo largo del monitoreo (Fig. 20) y no se registró un claro componente estacional en su abundancia.

**Figura 20. Abundancia de patos cuchara en la laguna Batuco.**



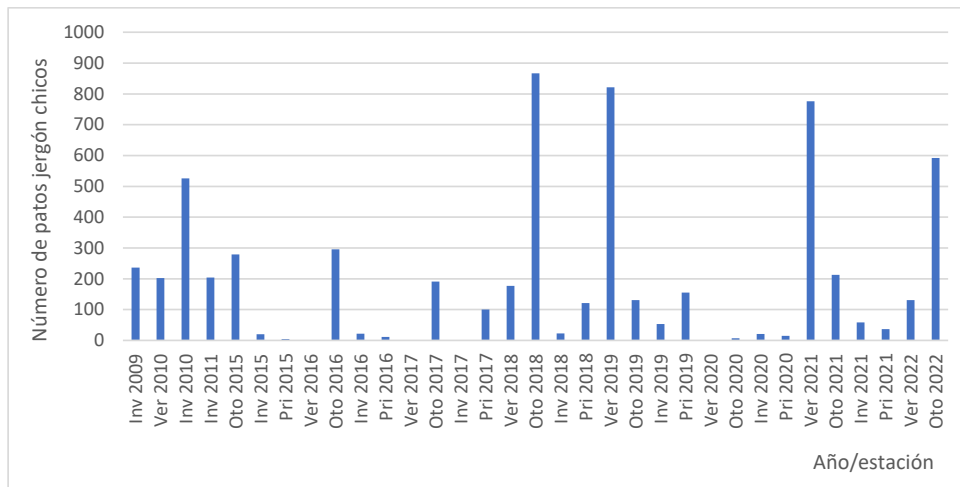
El pato real registró una abundancia promedio de  $240,5 \pm 356,7$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 1.953 patos en primavera de 2018 y un mínimo de 0 en verano de 2010 e invierno de 2017. Esta especie tuvo una presencia irregular en la laguna, sin una tendencia al aumento o disminución a lo largo del monitoreo (Fig. 21), y sin un claro patrón estacional en su abundancia.

Figura 21. Abundancia de patos reales en la laguna Batuco.



El pato jergón chico registró una abundancia promedio de  $190,6 \pm 247,9$  patos (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 867 individuos en otoño de 2018 y mínimo de 0 en los veranos de 2017 y 2020. No se observó una tendencia al aumento o disminución a lo largo del monitoreo (Fig. 22), sin embargo, a nivel intra anual se observó una tendencia a un incremento de la abundancia en otoño y verano.

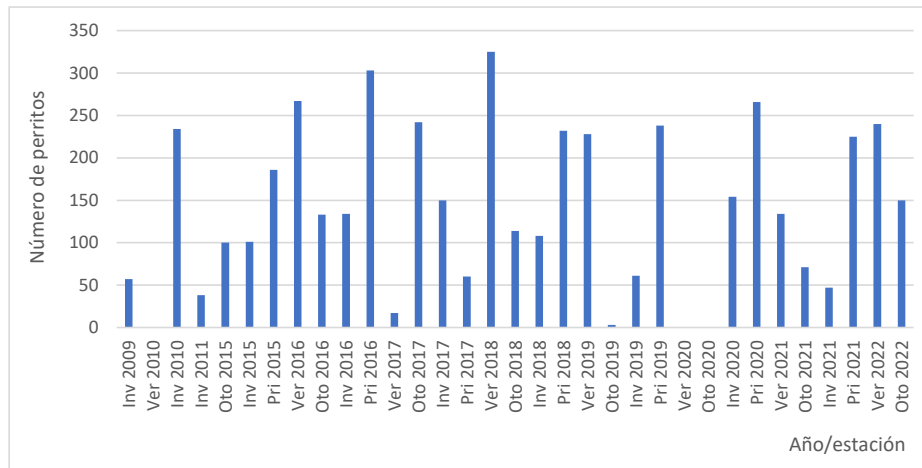
Figura 22. Abundancia de patos jergón chicos en la laguna Batuco.



El perrito registró una abundancia promedio de  $139,9 \pm 96,6$  aves (prom.  $\pm$  D.E.), con un máximo de 325 en verano de 2018 y mínimo de 0 en verano de 2010 y 2020 y en otoño de 2020. No se observó una tendencia al aumento o disminución a lo largo del monitoreo (Fig. 23).



Figura 23. Abundancia de perrito en la laguna Batuco.



### 3.3 Análisis comparado entre el tranque San Rafael y la laguna Batuco

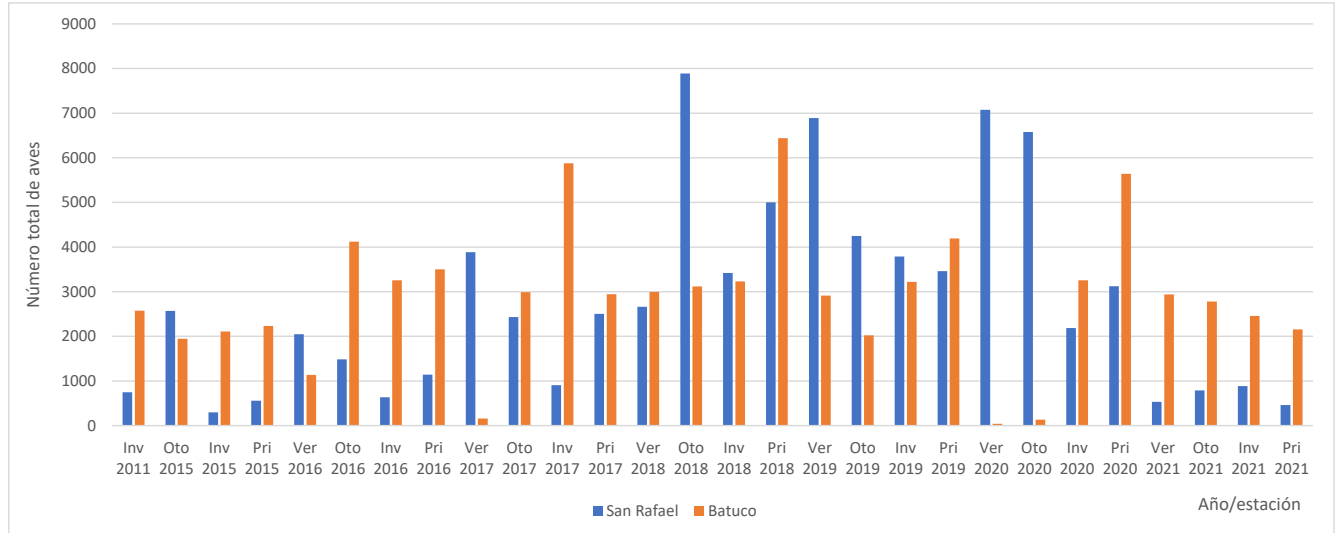
#### 3.3.1 Generalidades

El tranque San Rafael y la laguna Batuco, además de las diferencias en su origen -el primero es un cuerpo de agua de origen artificial y el segundo natural-, tienen características físicas que los diferencian claramente y que sin duda influyen en la composición y abundancia de sus ensambles de aves acuáticas. Entre las características posiblemente más relevantes que diferencian uno y otro cuerpo de agua se encuentra el hecho de que el tranque San Rafael es un cuerpo de agua más pequeño (30 ha), aunque mucho más estable y más profundo, que la laguna Batuco (124 ha). De hecho, en la laguna Batuco, históricamente y de forma natural, se reducía considerablemente la superficie de su cuerpo de agua durante la estación cálida del año, incluso secándose casi por completo. La laguna Batuco posee una amplia extensión de vegetación ribereña de tipo palustres, de la que carece el tranque San Rafael, lo que resulta un hábitat muy atractivo como sitios de refugio y reproducción de varias especies de aves. Dado el carácter más somero de las aguas de la laguna Batuco, esta tiende a aumentar considerablemente su temperatura en verano, lo que ha generado eventos de alta mortalidad de aves por botulismo, situación que aparentemente no se ha dado en el tranque San Rafael. Algunas de estas características podrían ser determinantes en el tipo y cantidad de oferta de alimento para las aves. Un ejemplo de ello es la observación de alta concentración de crustáceos del género *Daphnia* observada en algunas visitas hechas al tranque San Rafael hace unos años por algunos de los autores de este informe, lo que se constituye en una fuente de alimento relevante, por ejemplo, para las aves zambullidoras de la especie blanquillo.

Respecto del promedio histórico del número total de aves observadas por campaña en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco, este fue parecido, aunque con una mayor dispersión en San Rafael, registrando para el período de comparación entre ambos cuerpos de agua una abundancia promedio

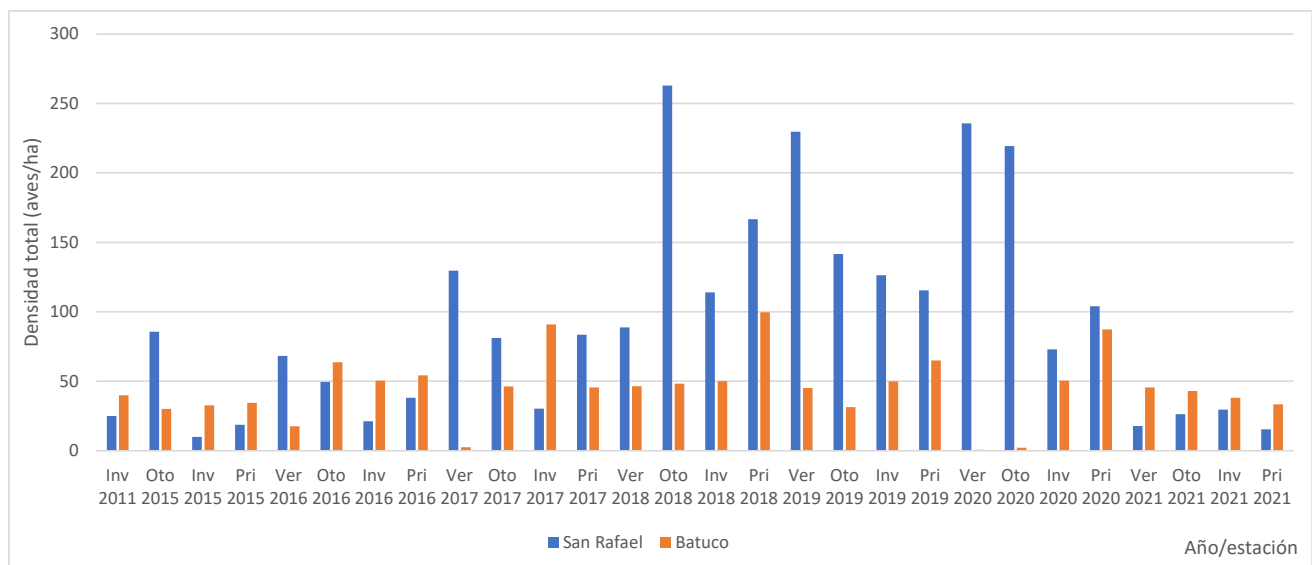
histórica de  $2.792,9 \pm 2.219,4$  aves (prom.  $\pm$  D.E.) en San Rafael y  $2.870,7 \pm 1.528,1$  aves (prom.  $\pm$  D.E.) en la laguna Batuco (Fig. 24).

**Figura 24. Abundancia total de aves acuáticas en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



A pesar de esta relativa paridad numérica aproximada de la abundancia absoluta de aves en ambos cuerpos de agua, al ponderar el número total de aves por la superficie de los cuerpos de agua, la que en el caso del tranque San Rafael llega a 30 Ha y en la laguna Batuco llega a 65 ha (superficie visible), se tiene una densidad considerablemente mayor en San Rafael (Fig. 25). En efecto, para el período de tiempo que se compara, la densidad promedio en el tranque San Rafael fue de  $93,1 \pm 74,0$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.), mientras que en la laguna Batuco la densidad promedio fue de  $44,4 \pm 23,6$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.).

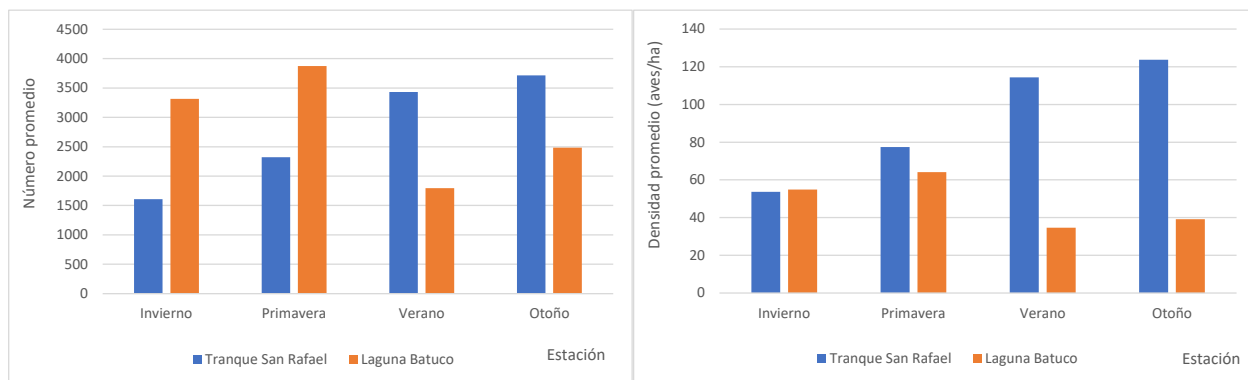
**Figura 25. Densidad total de aves acuáticas en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



Cabe destacar la situación observada durante las últimas cuatro campañas de monitoreo. En efecto, a partir de la campaña de verano de 2021, la abundancia promedio de aves en el tranque San Rafael cayó a  $666,5 \pm 202,8$  aves (prom.  $\pm$  D.E.), lo que representa una caída de un 76% respecto del promedio histórico. En contraste, la laguna Batuco registró una abundancia promedio a partir de la campaña de verano de 2021 de  $2.584,3 \pm 347,5$  aves (prom.  $\pm$  D.E.), lo que representa una caída de tan solo un 10% respecto del promedio histórico. También destaca de la laguna Batuco la poca variación de la abundancia entre campañas desde el verano de 2021.

En términos estacionales, ambos cuerpos de agua registraron abundancias contrastantes, con una mayor concentración de aves en el tranque San Rafael en la época cálida (verano y otoño), lo que además coincide con el período post reproductivo, y con una mayor concentración en la laguna Batuco en la época fría (invierno y primavera), lo que coincide en gran parte con el período reproductivo (Fig. 26).

**Figura 26. Número promedio y densidad promedio de aves acuáticas por estación del año en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**

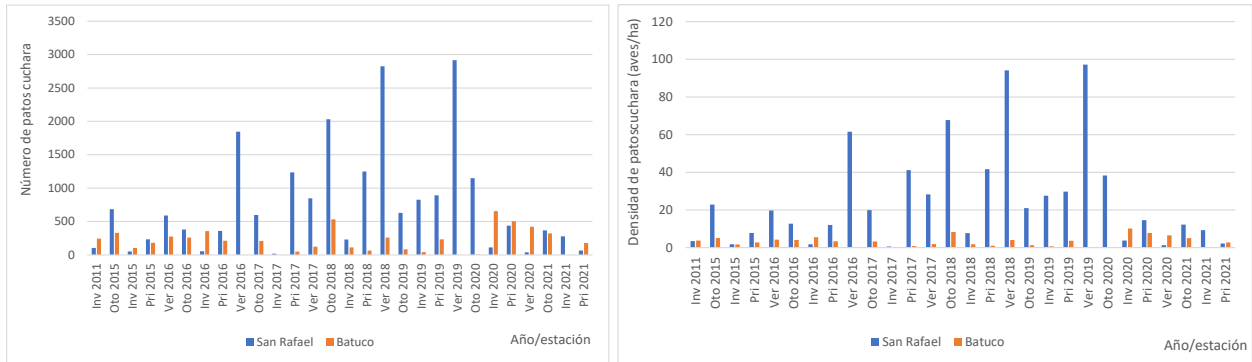


### 3.3.2 Análisis por especie

A continuación, se hacen algunas comparaciones entre el tranque San Rafael y la laguna Batuco para algunas de las especies que registraron altas abundancias en uno y otro cuerpo de agua.

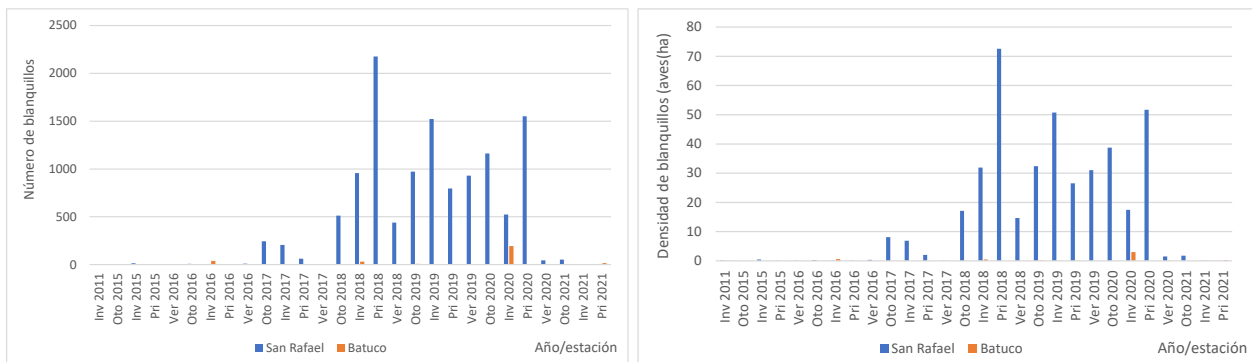
El pato cuchara fue abundante en ambos cuerpos de agua, aunque mucho más en San Rafael (Fig. 27).

**Figura 27. Número de patos cuchara y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



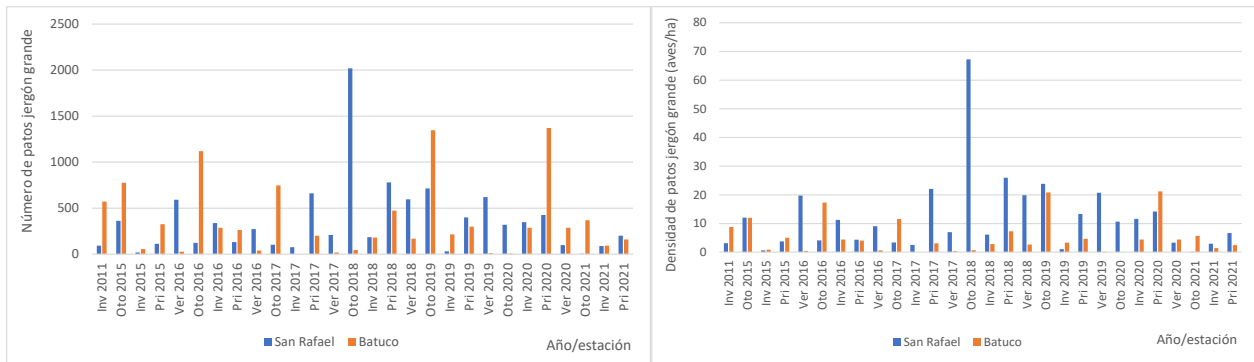
El blanquillo es un caso destacable dada su gran abundancia en el tranque San Rafael y su escasez en la laguna Batuco (Fig. 28), lo que da cuenta de que, por lo menos para algunas especies, ambos cuerpos de agua tienen algunas características muy diferentes. En este caso, posiblemente la mayor profundidad del tranque San Rafael y una posible diferencia en la oferta de alimento -la que en el caso del blanquillo incluye una proporción importante de pequeños peces y crustáceos como las dafnias- podrían ser factores importantes.

**Figura 28. Número de blanquillos y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



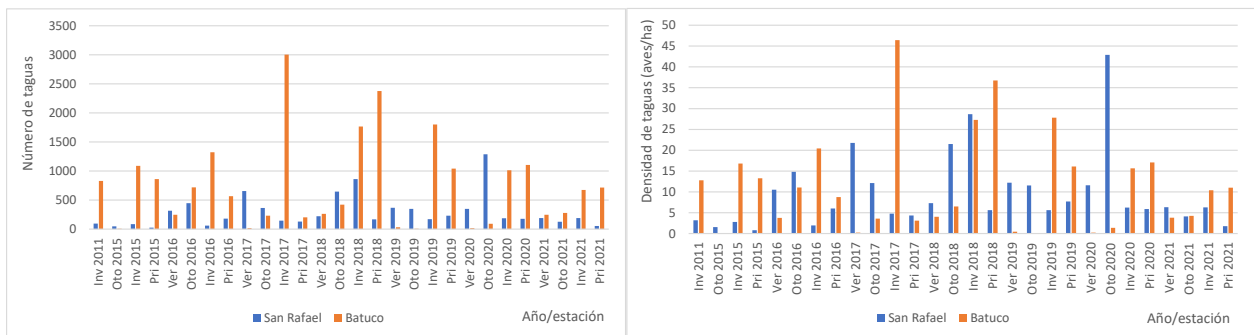
El pato jergón grande es una especie que se registró como abundante en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco, con un número total promedio muy parecido ( $354 \pm 399$  patos en San Rafael y  $348 \pm 390$  patos en Batuco (prom.  $\pm$  D.E.)), aunque las densidades fueron en promedio mucho mayores en San Rafael que en Batuco ( $11,8 \pm 13,3$  y  $5,4 \pm 6,0$  (prom.  $\pm$  D.E.) respectivamente) (Fig. 29).

**Figura 29. Número de patos jergón grande y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



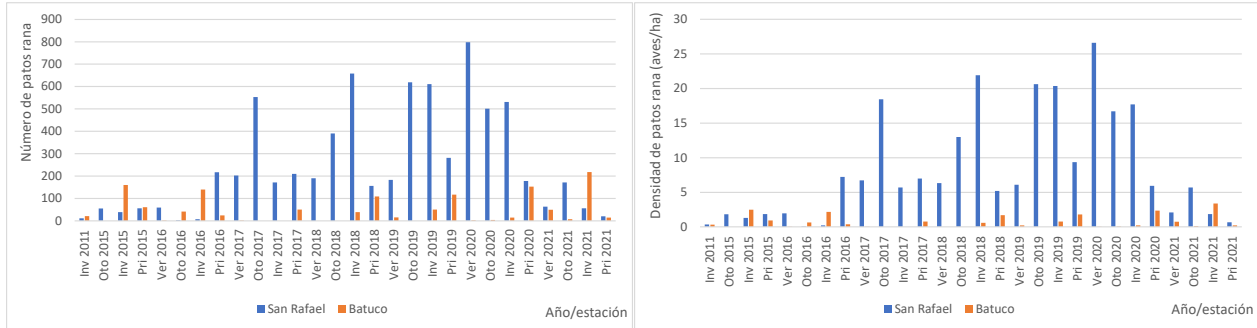
Las taguas fueron especies abundantes durante todo el monitoreo, tanto en el tranque San Rafael como en la laguna Batuco, aunque con números absolutos mucho mayores en Batuco ( $746 \pm 756$  taguas (prom.  $\pm$  D.E.)), que en San Rafael ( $289 \pm 279$  taguas (prom.  $\pm$  D.E.)), y con densidades algo mayores en Batuco ( $9,6 \pm 9,3$  en San Rafael y  $11,5 \pm 11,7$  en Batuco) (Fig. 30).

**Figura 30. Número de taguas y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



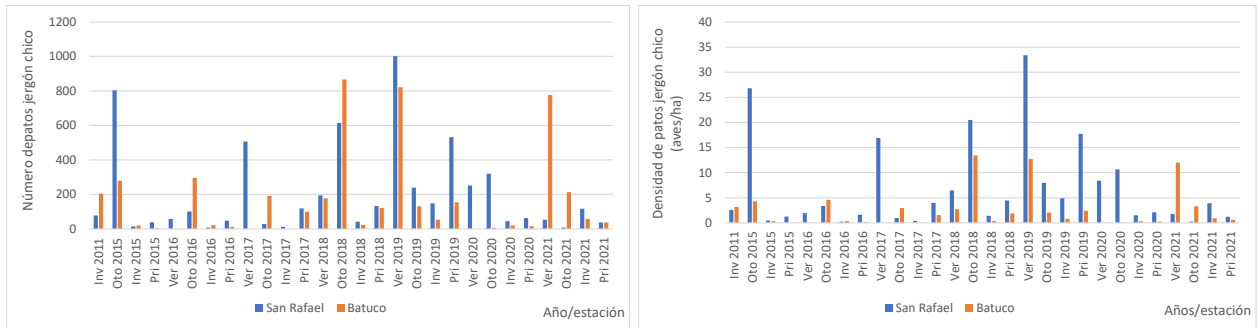
El pato rana destacó por ser una especie abundante en el tranque San Rafael ( $250 \pm 235$  patos promedio totales, densidad de  $8,3 \pm 7,8$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.)) y bastante escaso en la laguna Batuco ( $46 \pm 60$  patos promedio total, densidad  $0,7 \pm 0,9$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.)) (Fig. 31).

**Figura 31. Número de patos rana y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



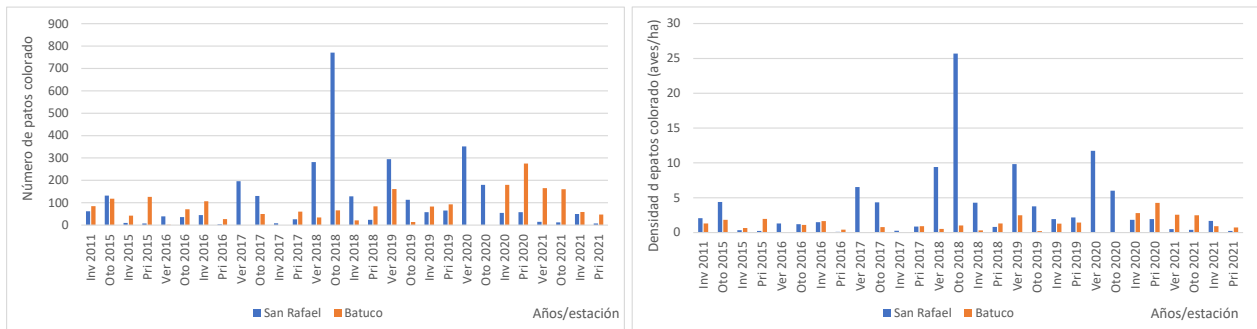
El pato jergón chico tuvo un patrón de abundancia parecido al del pato jergón grande, con presencia durante todas las campañas, aunque menos abundante en la laguna Batuco (Fig. 32).

**Figura 32. Número de patos jergón chico y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



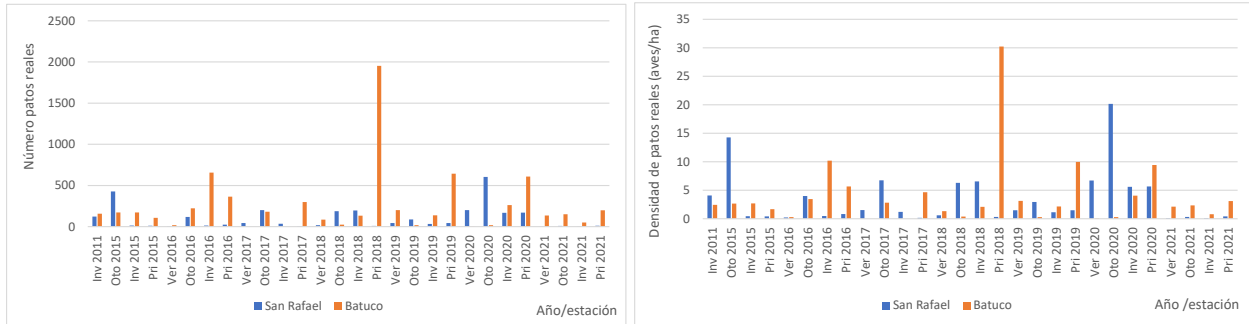
El pato colorado fue una especie frecuente durante todo el monitoreo, tanto en el tranque San Rafael como en la laguna Batuco, sin embargo, su abundancia, y particularmente su densidad, fue menor en Batuco (Fig. 33).

**Figura 33. Número de patos colorados y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



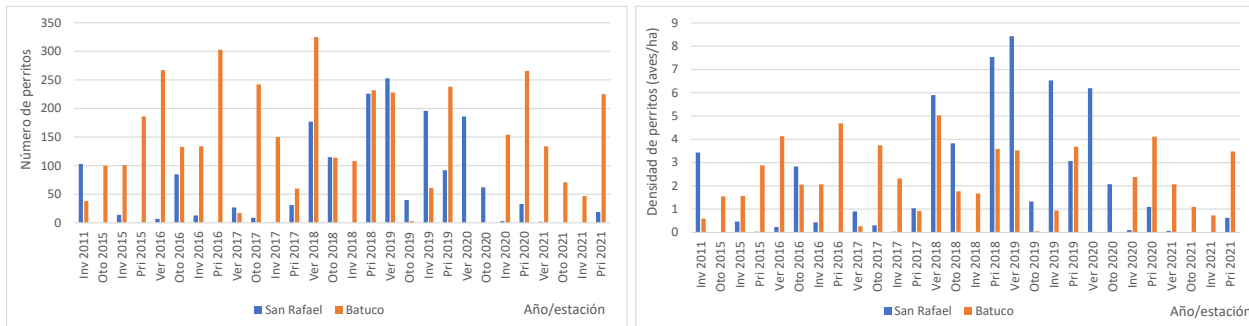
El pato real en cambio, a diferencia del pato colorado, en general fue menos abundante, aunque con mayores números y densidades en la laguna Batuco (Fig. 34).

**Figura 34. Número de patos reales y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



El perrito destacó por su regularidad y número, tanto en el tranque San Rafael como en la laguna Batuco (Fig. 35).

**Figura 35. Número de perritos y su densidad en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco.**



#### 4 Discusión y conclusiones

Según la RCA 135 del Proyecto "Reconversión Tecnológica Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Cadellada" se ha comprometido la construcción de un "humedal artificial" para compensar la futura desecación del tranque San Rafael. El humedal artificial será del tipo "laguna somera", de 6,4 ha y profundidad de 0,4 a 1 m, con alta biomasa de macrófitas sumergidas y riberas de flora nativa de manera de tener un sistema de aguas claras rica en alimento para sustentar una mayor biodiversidad de aves, implicando un mejor hábitat y de mejor calidad que el tranque San Rafael.

La verificación del éxito de la medida está condicionada a que la densidad de avifauna y su riqueza sea similar o, como máximo, un 20% inferior a la histórica en el tranque San Rafael, calculada estacionalmente.

Dada la alta variabilidad intra e interanual en la densidad y riqueza de la avifauna es que como estimadores de comparación históricos debieran considerarse los promedios para cada parámetro.

En el tranque San Rafael la densidad total promedio histórica de aves registrada en verano, otoño, invierno y primavera fue de  $114,4 \pm 88,8$  aves/ha,  $123,8 \pm 88,6$  aves/ha,  $57,7 \pm 47,0$  aves/ha y  $77,4 \pm 56,3$  aves/ha (prom.  $\pm$  D.E.), respectivamente. Por otra parte, la riqueza histórica promedio registrada en el tranque San Rafael para el verano, otoño, invierno y primavera fue de  $22,1 \pm 5,7$  especies,  $20,9 \pm 5,8$  especies,  $19,4 \pm 3,1$  especies y  $16,7 \pm 2,6$  especies (prom.  $\pm$  D.E.), respectivamente.

La laguna Batuco fue monitoreada como sitio control para evaluar y dar contexto a la dinámica del ensamble de aves acuáticas del tranque San Rafael, sin embargo, el tranque San Rafael y la laguna Batuco, además de las diferencias en su origen -el tranque es artificial y la laguna es de origen natural-, tienen características físicas que los diferencian y que pueden estar influyendo en la composición, abundancia y dinámica de sus ensambles de aves acuáticas.

Entre las características que diferencian uno y otro cuerpo de agua se encuentra el que el tranque San Rafael es un cuerpo de agua más pequeño (30 ha), aunque mucho más estable y más profundo que la laguna Batuco (124 ha). De hecho, en la laguna Batuco, históricamente y de forma natural, se reducía considerablemente la superficie de su cuerpo de agua durante la estación cálida del año, incluso secándose casi por completo. La laguna Batuco posee una amplia extensión de vegetación ribereña de tipo palustre, de la que carece el tranque San Rafael, siendo este un hábitat muy atractivo como sitios de refugio y reproducción de varias especies de aves. Dado el carácter más somero de la laguna Batuco, esta tiende a aumentar considerablemente su temperatura en verano, lo que ha generado eventos de alta mortalidad de aves por botulismo, lo que no se da en el tranque San Rafael. Algunas de estas características podrían ser determinantes en el tipo y cantidad de oferta de alimento para las aves. Un ejemplo de ello es la observación de alta concentración de crustáceos del género *Daphnia* en el tranque San Rafael, lo que se constituye en una fuente de alimento relevante por ejemplo para aves zambullidoras como el blanquillo.

El promedio histórico del número total de aves observadas por campaña en el tranque San Rafael y en la laguna Batuco, fue parecido, aunque con una mayor dispersión en San Rafael. Sin embargo, la densidad promedio en el tranque San Rafael fue mucho mayor ( $93,1 \pm 74,0$  aves/ha en San Rafael versus  $44,3 \pm 22,3$  aves/ha en Batuco), diferencia que, salvo algunas excepciones, se mantuvo durante todo el monitoreo.

Otro aspecto que diferenció ambos cuerpos de agua fue la estacionalidad en el número y densidad de aves, con una mayor concentración de aves en el tranque San Rafael en la época cálida (verano y otoño), lo que coincide con el período post reproductivo, y con una mayor concentración en la laguna Batuco en la época fría (invierno y primavera), lo que coincide en gran parte con el período reproductivo. Esta situación puede ser el reflejo de la dinámica de fluctuación normal de los humedales de la zona central de Chile, muchos de los cuales, como la laguna Batuco, reducen la extensión de sus espejos de agua o en caso extremo se secan durante el verano-otoño. Ello lleva a las aves acuáticas a concentrarse durante la época



cálida del año en los humedales que conservan sus espejos de agua, como es el caso del tranque San Rafael. Cabe señalar que estas variaciones estacionales contrastantes y aparentemente complementarias entre la laguna Batuco y el tranque San Rafael, no necesariamente se asociarían solo a un flujo estacional de aves entre ambos cuerpos de agua, ya que, como se señaló anteriormente, la dinámica en la oferta de cuerpos de agua es un fenómeno de amplia escala geográfica, asociada a las precipitaciones, y las aves son capaces de desplazarse grandes distancias. Por ello, las dinámicas estacionales e interanuales de abundancias de aves en la laguna Batuco y el tranque San Rafael, pueden estar asociados, al menos en parte, a flujos desde y hacia fuera del sistema de humedales estudiado.

La idea de que pueden no estar estrechamente vinculados la laguna Batuco y el tranque San Rafael en términos de flujo de aves, se refuerza por las diferencias en la composición y abundancia de cada especie en uno y otro cuerpo de agua. Destacan los casos del blanquillo y el pato rana, especies buceadoras, cuya dieta está compuesta en parte importante por invertebrados, y que se registraron como abundantes durante gran parte del monitoreo en el tranque San Rafael y escasos en la laguna Batuco. Por otra parte, especies eminentemente vegetarianas, como las taguas y los patos reales, destacaron por su abundancia en la laguna Batuco, no así en el tranque San Rafael.

Otro aspecto observado que refleja una dinámica diferenciada entre la laguna Batuco y el tranque San Rafael, y que denota que estas dinámicas pueden estar respondiendo a fenómenos regionales de amplia escala espacial, fueron las abundancias de aves en uno y otro cuerpo de agua a partir de la campaña de verano de 2021. En efecto, a partir de dicha campaña, la abundancia promedio de aves en el tranque San Rafael se redujo en un 76%. Los resultados no permiten asociar la reducción en el tranque San Rafael a un eventual flujo de aves hacia la laguna Batuco, cuyo espejo se mantuvo estable durante dicho período. La abundancia de aves en la laguna Batuco se mantuvo muy estable durante este período, incluso experimentado una leve baja promedio de un 10% respecto de su abundancia histórica.

El carácter de humedal natural, mediterráneo y de aguas someras de la laguna Batuco, con importantes fluctuaciones estacionales en su espejo de agua, influye en la composición y abundancia de especies vegetales y de aves, principalmente vadeadoras, lo cual, unido a los aspectos señalados anteriormente, remarcan las diferencias entre ambos cuerpos de agua, y obligan a tener precaución al utilizar a la laguna Batuco como referencia o control respecto del tranque San Rafael.

En suma, y dados los resultados observados, la laguna Batuco y el tranque San Rafael conformarían un sistema de humedales, con marcadas diferencias entre uno y otro cuerpo de agua, lo cual contribuye significativamente a hacer de este un sistema heterogéneo y de alta riqueza de especies.

Cabe hacer notar que el aporte antropógeno de agua a la laguna Batuco y la consecuente estabilización de su cuerpo de agua, lo cual en principio podría considerarse como positivo, puede implicar un cambio en su dinámica de fluctuación natural y en las dinámicas ecológicas que en ella se han producido históricamente. Por ello, creemos que este aspecto debiera ser evaluado en mayor profundidad.

Por último, hay que señalar que el humedal artificial propuesto como medida de compensación, con aguas someras y con la vegetación acuática que se propone, podría llegar a tener una composición, riqueza y abundancia muy diferente a la del traque San Rafael, y si a ello se agrega la superficie considerablemente menor del humedal artificial, podría acentuar aún más las diferencias con el tranque San Rafael, comprometiendo la posibilidad de cumplir con los requerimientos establecidos de la RCA 135.

## 5 Referencias

- Fuentes, F. 2015. MONITOREO DE AVIFAUNA ACUÁTICA EN TRANQUE "SAN RAFAEL", COMUNA DE LAMPA, REGIÓN METROPOLITANA. Primer Monitoreo, Enero 2015.
- Escobar, M. 2015a. INFORME CAMPAÑA N°1: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2015b. INFORME CAMPAÑA N°2: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2015c. INFORME CAMPAÑA N°3: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2016a. INFORME CAMPAÑA OTOÑO 2016: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2016b. INFORME CAMPAÑA INVIERNO 2016: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2016c. INFORME CAMPAÑA PRIMAVERA 2016: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2016d. INFORME CAMPAÑA N°4 Y CIERRE AÑO 1: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.

- 
- Escobar, M. 2017a. INFORME CAMPAÑA OTOÑO 2017: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2017b. INFORME CAMPAÑA INVIERNO 2017: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2017c. INFORME CAMPAÑA PRIMAVERA 2017: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2017d. INFORME CAMPAÑA N°8 Y CIERRE AÑO 2: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones.
- Escobar, M. 2018a. INFORME CAMPAÑA N°13 OTOÑO 2018: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2018b. INFORME CAMPAÑA N°14 INVIERNO 2018: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2018c. INFORME CAMPAÑA N°15 PRIMAVERA 2018: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2018d. INFORME CAMPAÑA N°12 Y CIERRE AÑO 3: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2019a. INFORME CAMPAÑA N°16 Y CIERRE AÑO 4: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2019b. INFORME CAMPAÑA N°17 OTOÑO 2019: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA"
- Escobar, M. 2019c. INFORME CAMPAÑA N°18 INVIERNO 2019: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA"
-

- 
- Escobar, M. 2019d. INFORME CAMPAÑA N°19 Y CIERRE AÑO 5: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2020a. INFORME CAMPAÑA N°20 VERANO 2020: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2020b. INFORME CAMPAÑA N°21 OTOÑO 2020: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sembcorp Aguas Chacabuco.
- Escobar, M. 2020c. INFORME CAMPAÑA N°22 INVIERNO 2020: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sacyr Concesiones Aguas.
- Escobar, M. 2021a. INFORME CAMPAÑA N°24 VERANO 2021: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sacyr Concesiones Aguas.
- Escobar, M. 2021b. INFORME CAMPAÑA N°25 OTOÑO 2021: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sacyr Concesiones Aguas.
- Escobar, M. 2021c. INFORME CAMPAÑA N°26 INVIERNO 2021: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sacyr Concesiones Aguas.
- Escobar, M. 2021d. INFORME CAMPAÑA N°27 Y CIERRE AÑO 7: MONITOREO AVIFAUNA PROYECTO "RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS LA CADELLADA". Manque Bioexploraciones y Sacyr Concesiones Aguas.
- Galdames, P. y E. Sandvig. 2022. Reporte censo de aves acuáticas laguna Batuco. 19 de marzo de 2022. ROC.
- Galdames, P., N. Contardo, y E. Sandvig. 2022. Reporte censo de aves acuáticas laguna Batuco. 21 de enero de 2022. ROC.