

Eduardo Pavez y Nicolás Guarda



EL PATO CORTACORRIENTES

*Un estudio a largo plazo en la cuenca cordillerana
del río Cachapoal, Chile Central*

Índice

RESUMEN	3	ECOLOGÍA	144
INTRODUCCIÓN	8	Hábitat del pato cortacorrientes	144
El desafío	8	Alimentación	166
Energía hidroeléctrica	9	Desplazamientos y conducta de escape	166
El pato cortacorrientes	10	Conducta social	169
Seguimiento del pato cortacorrientes en la cuenca del río Cachapoal	14	Reproducción	186
Área de estudio	16	Plumaje	196
Muestreo	18	EPÍLOGO: EL FUTURO	202
DINÁMICA POBLACIONAL	26	REFERENCIAS	208
Dinámica en los ríos principales	27		
Extensión del estudio de dinámica poblacional	94		
Dinámica en cursos menores	107		
Relación entre cursos menores y ríos principales	120		
Relación entre cursos menores y ríos principales durante 2020	124		
Dinámica poblacional hasta 2020	128		

Resumen

En este libro resumimos 14 años de estudio de la biología del pato cortacorrientes en la cuenca cordillerana del río Cachapoal, en Chile central.

Nuestro objetivo fue recabar información para evaluar eventuales impactos sobre el pato cortacorrientes derivados de la construcción y operación de la central hidroeléctrica Chacayes de Pacific Hydro. Este estudio terminó siendo para nosotros una ventana fascinante, la que nos brindó una visión privilegiada de la ecología de una especie maravillosa y de su relación con nuestros ríos de montaña.

Esta aventura comenzó en enero de 2007, cuando dimos inicio a tres líneas de trabajo paralelas y complementarias. En la primera nos abocamos al estudio de la dinámica poblacional del pato cortacorrientes. En la segunda línea nos centramos en el estudio de su comportamiento e historia natural. En la tercera arista nos ocupamos de caracterizar el hábitat del pato cortacorrientes y su ecología.

Durante el curso de más de 150 campañas de monitoreo fuimos testigos de una marcada variación

en la abundancia del pato cortacorrientes, variación que presentó un patrón marcadamente cíclico, con etapas de aumento sostenido de la población, interrumpidas por caídas bruscas, configurando ciclos de duración variable, que podían extenderse por varios años. Las caídas abruptas de la abundancia se relacionaron con grandes crecidas otoñales de los ríos, las que ocurrieron periódicamente durante el estudio. Estas crecidas se asociaban a lluvias torrenciales con una isoterma cero muy por sobre la altitud normal, lo que generaba un aumento repentino y de gran magnitud de los caudales con el consecuente arrastre de sedimento, rocas y material vegetal, y que nos generaron más de algún desafío logístico. Con las grandes crecidas podía sobrevenir la catástrofe para la población local de pato cortacorrientes, con mortalidad y abandono del área debido a grandes cambios en la hidrología de los ríos, afectando temporalmente su aptitud como hábitat para la especie, principalmente por el aumento de los niveles de sedimento y por la baja disponibilidad de alimento.

Dependiendo de la magnitud de las crecidas, su efecto en la densidad de patos fue variable. Los ríos más



04 El pato cortacorrientes

afectados fueron aquellos ubicados en las zonas bajas de las cuencas, los que reciben grandes volúmenes de agua de sus tributarios. Por el contrario, los ríos con mayor resiliencia a las crecidas, se ubicaban en tramos más elevados de la cuenca, recibiendo menos aportes de esorrentía superficial y mayor aporte de agua en forma de nieve. Además, la presencia de lagunas en el curso superior de los ríos regulaba sus caudales y los aportes de sedimento, lo que podía atenuar el efecto de las crecidas sobre los patos cortacorrientes. Los grandes derrumbes ocasionales sobre los fondos de valle también produjeron importantes caídas transitorias de la población de patos cortacorrientes en los ríos afectados y aumentos paralelos en los ríos vecinos, como consecuencia del desplazamiento de los patos.

Por otra parte, observamos un patrón regular de variación de la abundancia de patos dentro del año, asociado a cambios regulares estacionales del clima y de los caudales de los ríos. Este patrón intra anual se caracterizó por mayores densidades de patos en otoño e invierno, bajando en primavera y con mínimos en verano. Esta dinámica aparentemente estuvo modulada por la baja de caudales en la temporada fría, con pérdida total de agua en algunos esteros. Ello producía una concentración de patos en los ríos principales durante el estiaje (marzo-octubre, período no reproductivo), los que conservan caudales considerables durante todo el año.

Tuvimos la oportunidad de observar, cómo el inicio de

la operación de las bocatomas tenía un efecto negativo en la densidad de pato cortacorrientes aguas abajo de estas, y a la vez generaba un aumento de densidad en los tramos de río aguas arriba de estas. Esto nos sugirió que, bajo las condiciones observadas en nuestro estudio, el sistema de ríos tendría la capacidad de absorber individuos desplazados por cambios en las condiciones hidrológicas en tramos específicos. Este aparente desplazamiento de patos sería posible en la medida que los tramos favorables de ríos no hubiesen alcanzado la capacidad de carga del sistema. Así se mantuvo cierta capacidad de ajuste, en que los ríos con mejores condiciones recibieron individuos desplazados por cambios temporales o permanentes, naturales o antropógenos. La baja calidad del hábitat aguas abajo de las bocatomas, se relacionaría con cambios en el caudal y en la velocidad del agua.

De manera inversa, cuando se produjo la detención de una central hidroeléctrica de pasada durante un tiempo suficiente, observamos una disminución de patos en los tramos de ríos cercanos no intervenidos, y paralelamente registramos un aumento en los tramos vecinos bajo las bocatomas que dejaron de funcionar. De este modo pudimos verificar que el impacto local de las bocatomas en la población de pato cortacorrientes es reversible si se restituyen las condiciones de caudal natural, incluso en tramos afectados durante largo tiempo.

Registramos cambios regulares de densidad que sugirieron movimientos de patos entre zonas altas y

bajas de las cuencas, posiblemente como respuesta a cambios estacionales de caudal y sedimento en los ríos. También observamos una relación inversa de la densidad de la especie entre ríos principales y cursos menores, lo cual estaría determinado por la reducción significativa de caudal en los cursos menores durante el estiaje.

Mientras unos ríos conservaron densidades promedio de patos relativamente estables durante los años de estudio (Cachapoal, Blanco, Pangal y Cipreses), otros presentaron un alza sostenida (Las Leñas y Cortaderal), llegando en 2018 a máximos históricos. A nivel de toda la cuenca del Cachapoal, las densidades del año 2020 fueron las más altas desde el inicio del monitoreo en 2007. La alta densidad de 2020 en los ríos principales, fue coherente con la ausencia de grandes crecidas otoñales durante los cuatro años previos, siendo este el período entre crecidas más prolongado que pudimos registrar. El que no hayamos observado un estancamiento del crecimiento poblacional, nos refuerza la idea de que no se habría alcanzado la capacidad de carga del sistema, y de que la disponibilidad de recursos, como alimento y sitios de nidificación, no habría sido aún una limitante. No obstante, aunque se mantuvo la tendencia al alza, desde el año 2018 observamos una baja en la tasa de crecimiento y en la densidad de pollos y juveniles, lo que nos parecía indicar que la densidad poblacional se estaba acercando a la capacidad de carga del sistema.

Entre las características de los ríos que pudimos

identificar como adecuadas para el pato cortacorrientes se encuentran las aguas claras, torrentosas, frías y bien oxigenadas, con cortados fluviales donde nidificar, con un substrato de rocas con baja presencia de arena y barro, con rocas islas para descansar y condiciones adecuadas para el desarrollo de los macroinvertebrados que constituyen su dieta. Pudimos apreciar que la velocidad del agua, más que el caudal, era importante para los patos cortacorrientes, lo que corroboramos por la frecuente presencia de patos en esteros de escaso caudal, pero con alta velocidad de sus aguas.

En general observamos una proporción parecida de machos y hembras, salvo en los meses de primavera, cuando las hembras están ocultas en sus secretos nidos abocadas a la incubación, lo que reducía su frecuencia de avistamiento. Sin embargo, en la medida que la densidad total de patos tendió a aumentar sostenidamente luego de las crecidas de 2012 y 2016, la proporción de machos también aumentó. De hecho, en 2020 registramos la máxima proporción de machos en los ríos principales. Esto nos sugirió posibles procesos denso dependientes, talvez conductuales o de segregación espacial asociada al sexo, lo que estaría modulando, a partir de una cierta densidad, la proporción de machos y hembras.

Respecto de la relación de edades de los patos cortacorrientes, pudimos observar que los adultos representaron un 88% de los valores anuales de densidad. Los ríos afectados por grandes crecidas

06 El pato cortacorrientes

otoñales evidenciaban escasa presencia de inmaduros, lo que nos indicaba caídas importantes, aunque transitorias, en los índices reproductivos. Durante el curso del año, observamos una alta variación en la relación de edades, lo que se asocia a la estacionalidad reproductiva y a la transición de inmaduros hacia estados de desarrollo más avanzados. La máxima presencia de pollos la registramos en octubre. La conducta territorial de las parejas de patos se fue atenuando al avanzar el verano y el otoño, en la medida que los juveniles se iban independizando. En invierno, eran más tolerantes con sus congéneres, con concentración de patos en los sectores más favorables de los ríos.

Los patos se alimentan de invertebrados bentónicos, principalmente de larvas de insectos de los órdenes Diptera, Trichoptera y Ephemeroptera, las que obtienen buceando con una habilidad impresionante en las fuertes corrientes de los ríos. Muchos de los insectos que consumen los patos son intolerantes a la contaminación, por lo que la presencia de patos cortacorrientes es reflejo de una buena salud de los ríos. El eje cercano a la orilla es el más poblado por insectos y era precisamente el más utilizado por los patos para alimentarse. Se especula sobre la posible competencia por alimento entre el pato cortacorrientes y las truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) y café (*Salmo trutta*), introducidas en Chile y cuya presencia es frecuente en los ríos de la cuenca del Cachapoal. Pensamos que una de las causas principales de las caídas poblacionales de patos que observamos luego de las grandes

crecidas se asociaría a la marcada, aunque transitoria, falta de alimento. En efecto, observamos una marcada caída en la abundancia de invertebrados acuáticos luego de las crecidas. Aunque dada sus altas tasas reproductivas, se recuperaban rápido después de un evento catastrófico. El pato cortacorrientes en cambio tiene densidades bajas, distribución fragmentada y potencial reproductivo relativamente bajo, por lo que su recuperación era mucho más lenta.

Los patos cortacorrientes invertían gran parte del día alimentándose, sin un patrón horario, aunque siempre era diurno. Se alimentaban raspando con el pico las rocas sumergidas, los espacios entre rocas y el fondo en busca de invertebrados adheridos a ellas. Mientras estaban sumergidos la cabeza se disponía siempre a contra corriente, lo que era esperable desde un punto de vista hidrodinámico.

Los patos cortacorrientes, como la gran mayoría de las aves, son monógamos y tanto el macho como la hembra defendían el territorio de la pareja. Fuera del período reproductivo podían permanecer aislados o en grupos de tres o más individuos. Las agresiones territoriales aumentaban en el período reproductivo, a partir de julio y agosto. Los nidos eran construidos en septiembre-octubre por el macho y la hembra, y se ubicaban en paredones rocosos y altos, a orilla de río, en hoyos de barrancas, o entre rocas en islas. Localizamos un nido en el muro de una bocatoma, lo que indica que pueden utilizar estructuras artificiales para nidificar. Ponen de tres a cuatro huevos, aunque registramos

grupos familiares hasta con seis pollos. La incubación la realiza la hembra y se prolonga por 43 a 44 días. Las primeras eclosiones las registramos en septiembre. A medida que aumentaba la altitud, la aparición de los pollos y su máxima densidad se atrasaba, lo que es normal en gradientes altitudinales. Macho y hembra colaboraban en la crianza y protección de sus hijos. Los polluelos eran capaces de nadar y alimentarse por sí solos desde el primer día, ocupando las orillas del río en lugares con poca corriente y siempre bajo la vigilancia de los adultos. Mientras las crías eran pequeñas, la familia se asociaba a segmentos o brazos de río con caudales bajos y aguas superficiales, lo que permitía a las crías sumergirse y buscar alimento en aguas someras, disminuyendo el riesgo de arrastre aguas abajo. Los mayores caudales asociados a los deshielos (septiembre a diciembre) coincidían con la presencia de pollos y juveniles, los que permanecían unos tres meses con sus padres, abandonando el territorio paterno con plumaje de juvenil.



Introducción

El desafío

Corría el año 2006 cuando la empresa Pacific Hydro nos convocó para proponernos un gran desafío: desarrollar un estudio que diera cuenta de las características de la población de patos cortacorrientes en el río Cachapoal, de su situación frente a la posible construcción y operación de una central hidroeléctrica de pasada, y que permitiera implementar, en caso de ser necesario, medidas para prevenir eventuales impactos. El desafío era grande ya que la información disponible sobre la biología del pato cortacorrientes en los ríos de Chile central era escasa y a la vez necesaria para dar respuesta a una serie de preguntas. Afortunadamente, nuestro planteamiento como equipo asesor -el de una toma de decisiones informada y responsable- era compartido por Pacific Hydro. Así fue como en enero de 2007 iniciamos un estudio riguroso, sistemático y de largo aliento, sobre la biología del pato cortacorrientes en la cuenca del río Cachapoal, con un fuerte énfasis en su dinámica poblacional, estudio que se prolongó por 14 años y cuyos resultados resumimos y compartimos en este libro.

Algunos de los mayores desafíos para nuestro equipo fueron los impuestos por una topografía abrupta, combinada con condiciones climáticas a veces adversas, especialmente durante el invierno, lo cual podía complicar los accesos y obligaba a extremar la adaptabilidad y la prudencia en los desplazamientos. La frecuencia mensual de las campañas, así como su extensión territorial y temporal, podían representar



Algunos de los mayores desafíos para nuestro equipo fueron los que impusieron una topografía abrupta y las condiciones climáticas a veces adversas, especialmente durante el invierno.

una prueba a la resistencia. Pero más allá de los problemas y exigencias puntuales, propios de un trabajo de largo aliento en un territorio abrupto, nos queda el goce y el recuerdo de 14 años de estrecho contacto con un territorio magnífico, y la satisfacción de haber contribuido al conocimiento del más bello y asombroso de los habitantes de los ríos de montaña de Chile, y posiblemente de América, el pato cortacorrientes.

Energía hidroeléctrica



Bocatoma y acueducto de la central hidroeléctrica de pasada Pangal, puesta en marcha en 1921 en la cuenca del río Pangal, importante afluente del río Cachapoal.

La energía hidroeléctrica constituye una importante fuente de generación eléctrica renovable. En contraste con los proyectos hidroeléctricos de embalse, los que consideran la inundación de grandes superficies y tienen un alto impacto sobre el entorno, las centrales hidroeléctricas de pasada proveen una alternativa que genera una intervención sustancialmente menor del entorno, aunque no exenta de impactos. En efecto, la extracción y desvío de parte del agua de un río provoca una reducción de su caudal aguas abajo de las bocatomas, lo cual, en el largo plazo, y dependiendo del volumen extraído, puede producir una modificación de los hábitats para la flora y fauna acuáticas. Además, las bocatomas pueden generar una disminución de la conectividad de los ríos con posibles cambios en los

patrones de distribución espacial de las comunidades fluviales.

Cabe preguntarse entonces, ¿cuál podría ser el efecto de este tipo de desarrollos hidroeléctricos en el pato cortacorrientes? La medida de mitigación más eficiente frente a una bocatoma es asegurar el paso de un caudal ecológico mínimo, el que debiera permitir la mantención de las características bióticas originales del tramo de río afectado. Sin embargo, como veremos más adelante, procurar un caudal adecuado para la biota acuática, básicamente peces e invertebrados, no necesariamente es un criterio suficiente para el pato cortacorrientes.

El pato cortacorrientes



El pato cortacorrientes (*Merganetta armata*) es una de las aves más características y mejor adaptadas a los ríos torrentosos de montaña a lo largo de la Cordillera de los Andes.

Los ríos albergan comunidades complejas y muy particulares de animales vertebrados e invertebrados. Entre las aves, una de las especies más características y mejor adaptadas a los ríos torrentosos de montaña es el pato cortacorrientes (*Merganetta armata*). Dada su especificidad de hábitat, el pato cortacorrientes puede verse afectado por proyectos hidroeléctricos.

El pato cortacorrientes es una de las cinco especies de patos del mundo restringidas a ríos torrentosos de montaña. El género *Merganetta* es monotípico, es decir que posee una sola especie, el pato cortacorrientes. Este mide de 36 a 46 cm de longitud y ocupa exclusivamente cursos de agua torrentosos en la Cordillera de los Andes, desde Venezuela a Tierra del Fuego (Figura 1). Se describen seis subespecies de pato cortacorrientes a lo largo de los Andes, dos de las cuales viven en Chile, una en el extremo norte y la otra desde la Región de Atacama hasta Tierra del Fuego.

De norte a sur por la Cordillera de los Andes es posible encontrar a la subespecie *Merganetta armata colombiana* en la cordillera de Mérida en Venezuela, en Colombia y en el norte de Ecuador. Desde el centro de Ecuador y hasta el centro de Perú se encuentra *Merganetta armata leucogenis*.



Figura 1. Área de distribución del pato cortacorrientes (*Merganetta armata*).

12 El pato cortacorrientes

En el sur de Perú habita *Merganetta armata turneri*. En Bolivia habita *Merganetta armata garleppi*. En el noroeste de Argentina y extremo norte de Chile se encuentra *Merganetta armata berlepschi*. Por último, hacia el sur de los Andes habita *Merganetta armata armata*, la subespecie chilena y argentina, la de mayor tamaño, con los machos presentando la parte superior gris y la inferior negruzca, y con el vientre castaño. Los machos de la subespecie del extremo norte de los Andes (*M. a. colombiana*), son ligeramente más pequeños, más pálidos en la parte superior y la parte inferior es gris-castaño barreada. Los machos de la subespecie peruana, son de tamaño intermedio, con la parte inferior completamente negra en algunos casos. Sólo los machos del pato cortacorrientes del sur (*Merganetta armata armata*) tienen una marca negra bajo el ojo. Es factible que las glaciaciones del Pleistoceno hayan dividido las poblaciones de esta especie cordillerana, generando estas seis subespecies a lo largo de los Andes.

El pato cortacorrientes presenta densidades poblacionales naturalmente bajas, una distribución fragmentada y un potencial reproductivo bajo. Además, debido a sus requerimientos de hábitat especializados, constituiría una especie adecuada como indicador del estado de salud de los ríos.

En Chile el pato cortacorrientes se suele encontrar entre los 300 y 4.200 metros de altitud, aunque también puede encontrarse al nivel del mar en el extremo sur. Se describe como sedentario en los Andes del norte,

pero en Chile, durante la primavera y el verano, subiría por la cordillera, descendiendo a fines de otoño e invierno. Se ha planteado que las variaciones de distribución y abundancia que se observan en Chile central, podrían estar asociadas a cambios en la oferta de alimento debido a variaciones estacionales o interanuales de caudales, composición físico-química del agua y estabilidad del sustrato de los ríos. Aunque puede frecuentar aguas turbias, especialmente en invierno y primavera, el pato cortacorrientes usa de preferencia ríos claros, torrentosos, de aguas frías y bien oxigenadas, con cortados fluviales donde nidificar, con sustratos de rocas y piedras con una baja presencia de arena y barro. El pato cortacorrientes utiliza rocas islas para descansar de forma segura y requiere condiciones adecuadas para el desarrollo de los macroinvertebrados acuáticos que constituyen la mayor parte de su dieta.

El caudal de los sistemas fluviales fluctúa todo el año y la alternancia entre períodos de extrema crecida y de estiaje (de bajo caudal), son fuente importante de perturbaciones físicas, las que contribuyen a la heterogeneidad espacio-temporal, al intercambio de materia y energía, a las fluctuaciones fisicoquímicas, al movimiento del sustrato y a la variación de temperatura, todo lo cual determina la estructura de la comunidad acuática.

La crecida de un río corresponde a un incremento significativo de su caudal producto de grandes precipitaciones, del derretimiento de hielo y nieve,



o de la liberación de agua desde las compuertas de un embalse. La ocurrencia de crecidas, con aumentos repentinos y explosivos de caudal, aumenta la cantidad de sedimentos en suspensión, altera la forma del canal y remueve el sustrato del lecho de los ríos. Las consecuencias de una crecida dependen, además de su magnitud, de la morfología del canal y de la hidrología. Las crecidas podrían afectar al pato cortacorrientes a través de varios mecanismos, incluyendo la reducción de la disponibilidad de refugio y alimento. Este último factor podría ser especialmente relevante, pues los invertebrados bentónicos constituyen su principal fuente de alimento y serían particularmente susceptibles a perturbaciones del sustrato del lecho de los ríos, un hecho habitual durante crecidas de gran magnitud.

Por otra parte, numerosos factores de origen humano podrían impactar al pato cortacorrientes a nivel local,

por ejemplo, la erosión causada por la deforestación, la contaminación del agua, el uso de los ríos y sus riberas como vertederos de basura, la competencia por comida con animales introducidos como la trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) y eventualmente la actividad hidroeléctrica. Alteraciones en el régimen natural de caudales o en la composición físico-química del agua también podrían tener potenciales efectos sobre alguno de los componentes del hábitat, cambios que a su vez podrían afectar la distribución y abundancia del pato cortacorrientes.

Muchos de los antecedentes que hemos señalado en este acápite se basan en reseñas bibliográficas más bien anecdóticas, o en estudios realizados en otras latitudes, y son aspectos que intentamos dilucidar en nuestro estudio mediante metodologías sistemáticas y cuantitativas, teniendo como base la situación del pato cortacorrientes en la cuenca del río Cachapoal.



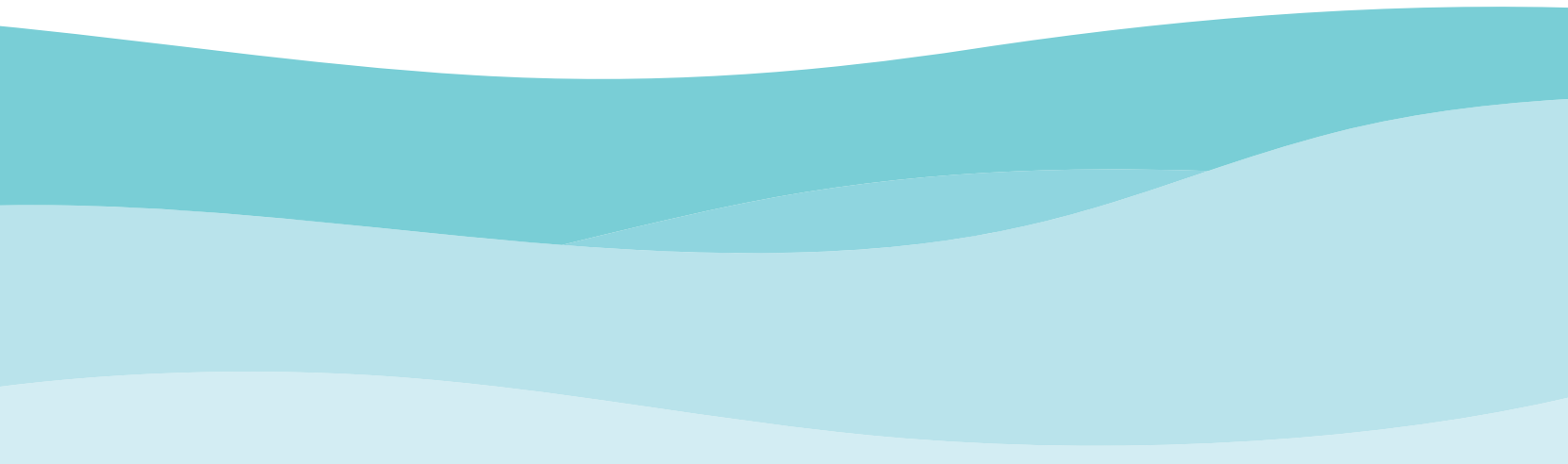
Son múltiples los factores de origen humano que pueden deteriorar el hábitat del pato cortacorrientes. En la imagen, depósito de basura en la ribera del río Cachapoal.



Seguimiento del pato cortacorrientes en la cuenca del río Cachapoal

En julio de 2008 se aprobó ambientalmente la construcción y operación de la Central Hidroeléctrica Chacayes, en la cordillera de la Región de O'Higgins, lo que implicó el aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Cachapoal y Los Cipreses. En enero de 2007, es decir un año y medio antes de obtenerse la resolución de calificación ambiental y de comenzar las obras de construcción de la central, dimos inicio al estudio y seguimiento del pato cortacorrientes en el área de influencia y áreas vecinas al proyecto. El seguimiento del pato cortacorrientes lo desarrollamos de manera ininterrumpida hasta diciembre de 2020, y su objetivo general fue caracterizar la dinámica poblacional de la especie en la cuenca del río Cachapoal.

Definimos objetivos específicos en tres líneas de trabajo, paralelas y complementarias. La primera correspondió al monitoreo de la población de pato cortacorrientes. La segunda línea incluyó la caracterización de su comportamiento e historia natural. La tercera línea abordó la caracterización del hábitat y el estudio de la ecología del pato cortacorrientes. Así, el plan de seguimiento se constituyó en una herramienta preventiva para la detección temprana de eventuales impactos no previstos sobre la especie, lo que posibilitaría la implementación oportuna de medidas correctivas, y representó una instancia sin precedente para incrementar el conocimiento del pato cortacorrientes y comprender la relación de su población con el desarrollo de centrales hidroeléctricas de pasada.



Área de estudio



Cuenca del río Cachapoal. En primer plano los bellos bosques de ciprés de la cordillera y al fondo las grandes montañas cuyos filos marcan el límite con la República Argentina.

El área de estudio abarcó la sección cordillerana de la cuenca del río Cachapoal, en la Comuna de Machalí, en la Región de O'Higgins.

Dicha sección recorre aproximadamente 53 km desde su nacimiento, en el límite con Argentina, hasta la localidad de Coya. La fuerte pendiente, sus aguas torrentosas, caudalosas, frías y altamente oxigenadas, le dan su "carácter lótico", es decir que sus aguas fluyen permanentemente. Su régimen hídrico es nival,

con escurrimiento torrencial, con mayor caudal en el verano y menor durante el invierno. El río Cachapoal nace en el cerro de los Piuquenes y en los Picos de Barroso, a aproximadamente 4.400 y 5.000 m de altitud, respectivamente. Un sistema de glaciares alimenta al río durante la estación cálida. Sus afluentes principales son los ríos Las Leñas, Cortaderal, Los Cipreses y Pangal (Figura 2). Todos ellos presentan similares características en cuanto a sus regímenes hidrológicos y al carácter torrencial de sus aguas.

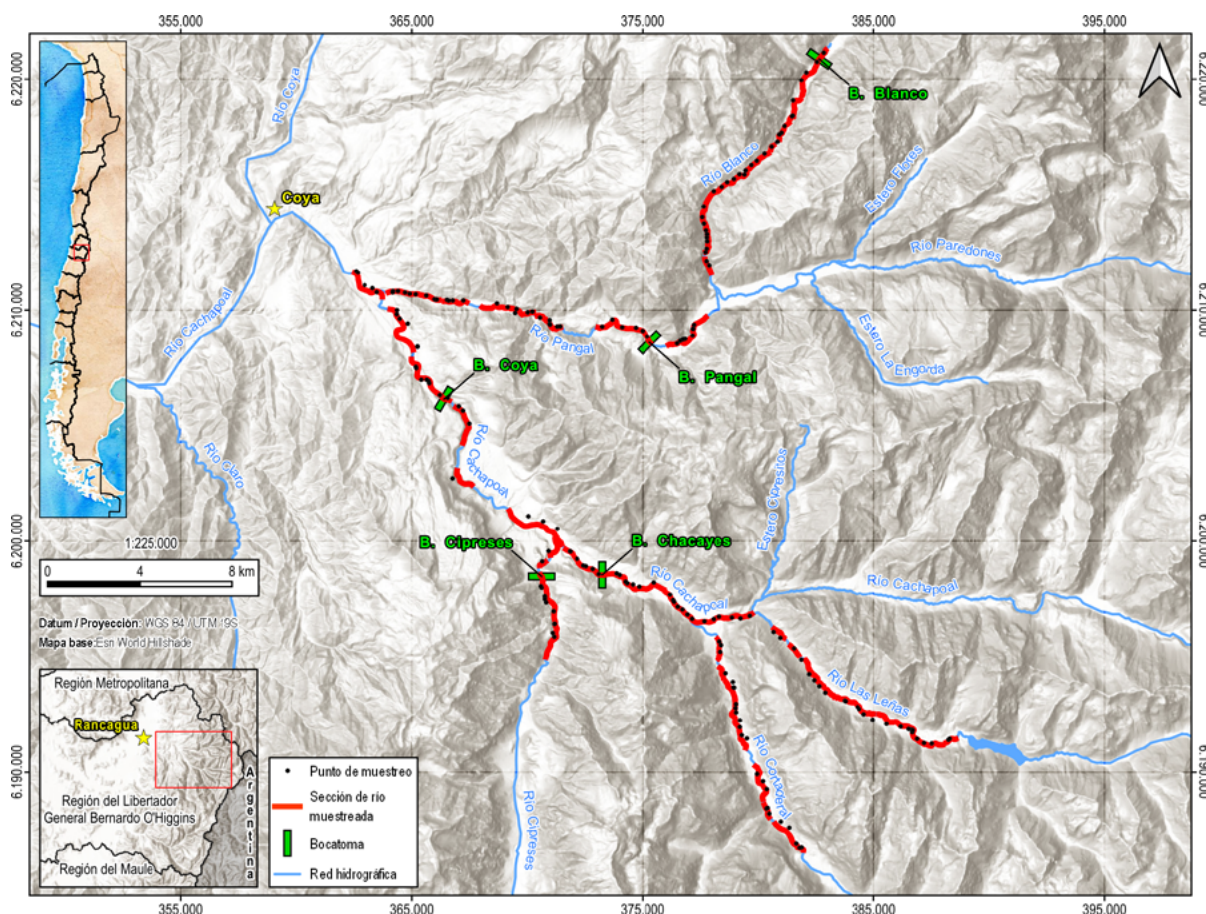


Figura 2. Área de estudio, y ubicación de las bocatomas y de los puntos de muestreo del monitoreo mensual de pato cortacorrientes, realizado entre enero de 2007 y diciembre de 2018, en los ríos Cachapoal, Pangal, Blanco, Los Cipreses, Cortaderal y Las Leñas.

El área de estudio posee un clima mediterráneo, con las cuatro estaciones del año bien marcadas. Los veranos son cálidos y secos, y los inviernos son fríos, concentrando las precipitaciones anuales, las que tienden a ser líquidas en las zonas bajas y nivosas en las altas. La precipitación media anual va desde los 800 milímetros en las partes bajas, hasta los 1.500 milímetros en las zonas más altas. En la zona baja de la cuenca dominan los matorrales y bosques

esclerófilos, adaptados a una larga estación seca. El desarrollo de la vegetación es mayor en los fondos de valle y sitios más húmedos y sombríos, donde pueden expresarse bosques frondosos en la forma de corredores asociados a las quebradas. Hacia las zonas altas domina una tundra de altura. Destacan en algunas laderas empinadas y rocosas de los estratos altitudinales intermedios bellos bosques de ciprés de la cordillera.

Muestreo

Para el monitoreo de los ríos principales consideramos muestreos mensuales entre enero de 2007 y diciembre de 2018, tanto en el río Cachapoal, como en sus grandes tributarios los ríos Pangal, Blanco, Las Leñas, Cortaderal y Los Cipreses, abarcando un rango altitudinal comprendido entre los 800 y 2.300 m s.n.m. Considerando el conjunto de ríos, el muestreo abarcó 70 kilómetros de tramos visibles de cursos de río. En la Figura 2 se presentan los puntos de muestreo mensual realizados en los ríos principales, y las bocatomas, tanto las preexistentes a nuestro estudio, como aquellas asociadas a la Central Hidroeléctrica Chacayes, construidas durante el desarrollo de nuestro estudio.

Desde el inicio del monitoreo, en enero de 2007, fuimos incorporando paulatinamente nuevos ríos al muestreo. Así fue como en un principio, entre enero de 2007 y diciembre de 2009, solo muestreamos los ríos Cachapoal, Pangal y Los Cipreses. A partir de 2010 sumamos los ríos Cortaderal y Las Leñas. Finalmente, en abril de 2013, incorporamos al estudio el río Blanco. De esta forma llegamos a muestrear de forma mensual un total de seis ríos, incluyendo el Cachapoal y sus grandes afluentes cordilleranos.

Los cursos fluviales muestreados tienen diferentes grados de intervención humana. Los ríos Cachapoal, Pangal, Blanco y Los Cipreses, poseen parte de sus cursos con caudal natural y parte con caudal

intervenido por la presencia de bocatomas. Mientras que los ríos Cortaderal y Las Leñas son ríos con caudal natural en toda su extensión.

Para controlar eventuales factores de confusión asociados a la progresiva inclusión de nuevos ríos al monitoreo, los que podrían haber tenido dinámicas diferentes, agrupamos los datos de densidad de patos cortacorrientes de dos formas. Por una parte, analizamos los resultados del total de ríos monitoreados, y por otra parte consideramos sólo los resultados de aquellos ríos que monitoreamos de manera ininterrumpida a lo largo de todo el estudio, a saber, los ríos Cachapoal, Pangal y Cipreses.

De forma complementaria, entre junio de 2016 y diciembre de 2018 desarrollamos un monitoreo en las zonas más altas de la cuenca, mediante campañas trimestrales, incluyendo los ríos Flores, Paredones y Cipresitos, así como los tramos más altos de los ríos Los Cipreses, Cortaderal y Cachapoal. Ello con el objetivo de abarcar la mayor extensión espacial posible de monitoreo, incluyendo zonas ubicadas a mayor altitud, e integrar dicha información al monitoreo mensual. Así fue como incorporamos al muestreo nuevos ríos y las cabeceras de algunos que ya veníamos muestreando. Los puntos de muestreo de este monitoreo espacialmente extendido se presentan en la Figura 3.



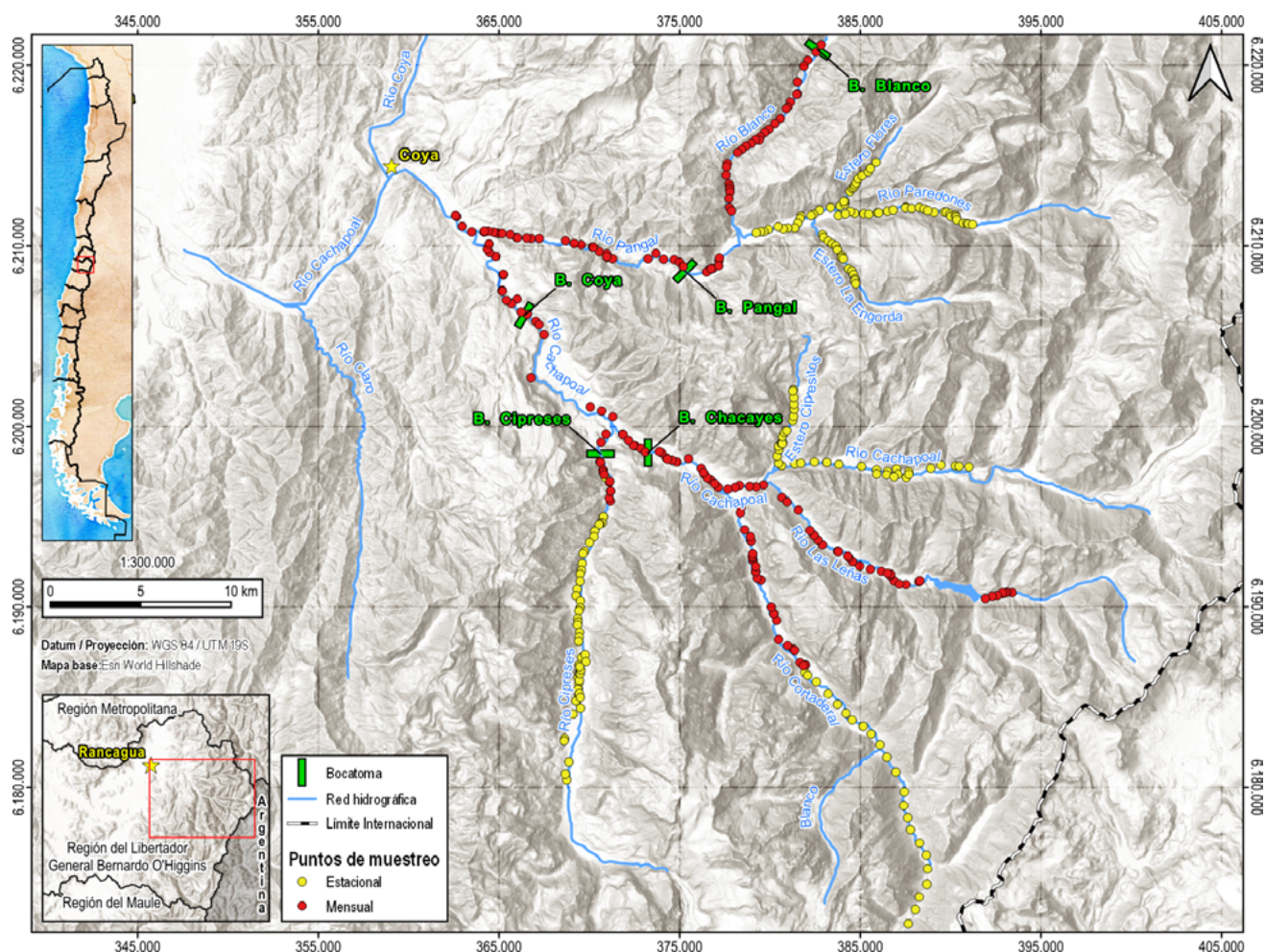


Figura 3. Área de estudio, y ubicación de los puntos de muestreo del monitoreo mensual en los ríos Blanco, Pangal, Cachapoal, Los Cipreses, Cortaderal y Las Leñas, y del monitoreo extendido trimestral (estacional) en los ríos Paredones, Flores, Cipresitos, y secciones altas de Los Cipreses, Cortaderal y Cachapoal.

Por otra parte, en la cuenca existe una serie de pequeños esteros, a veces intermitentes, que pueden representar un hábitat temporal para el pato cortacorrientes durante el período de deshielo. Por ello, durante el año 2019, realizamos un muestreo con base mensual de estos “cursos menores”. Bajo

este término, agrupamos cursos subsidiarios de los ríos principales, los que presentan caudales mucho menores que los ríos principales y una marcada estacionalidad. Estos cauces menores presentan caudales más elevados durante la primavera tardía y verano temprano, asociados al aporte nivoso durante

el deshielo. Su caudal disminuye progresivamente a medida que avanza el verano, particularmente durante el estío, cuando algunos se secan. En este contexto seleccionamos seis cursos menores, a saber, el estero Clonqui, la quebrada Castillo, la quebrada Puya, la quebrada Tinajones, una quebrada tributaria del río Cipresitos y la quebrada Socavones (Figura 4).

Seleccionamos estos cursos de agua considerando su calidad de cauces secundarios, tributarios de los ríos principales, con caudales adecuados para la especie durante el período estival, con variación ostensible de caudal a lo largo del año (estiaje vs deshielo), y que fueran accesibles, con tramos de, al menos, 1 km susceptible de ser muestreado en una jornada.

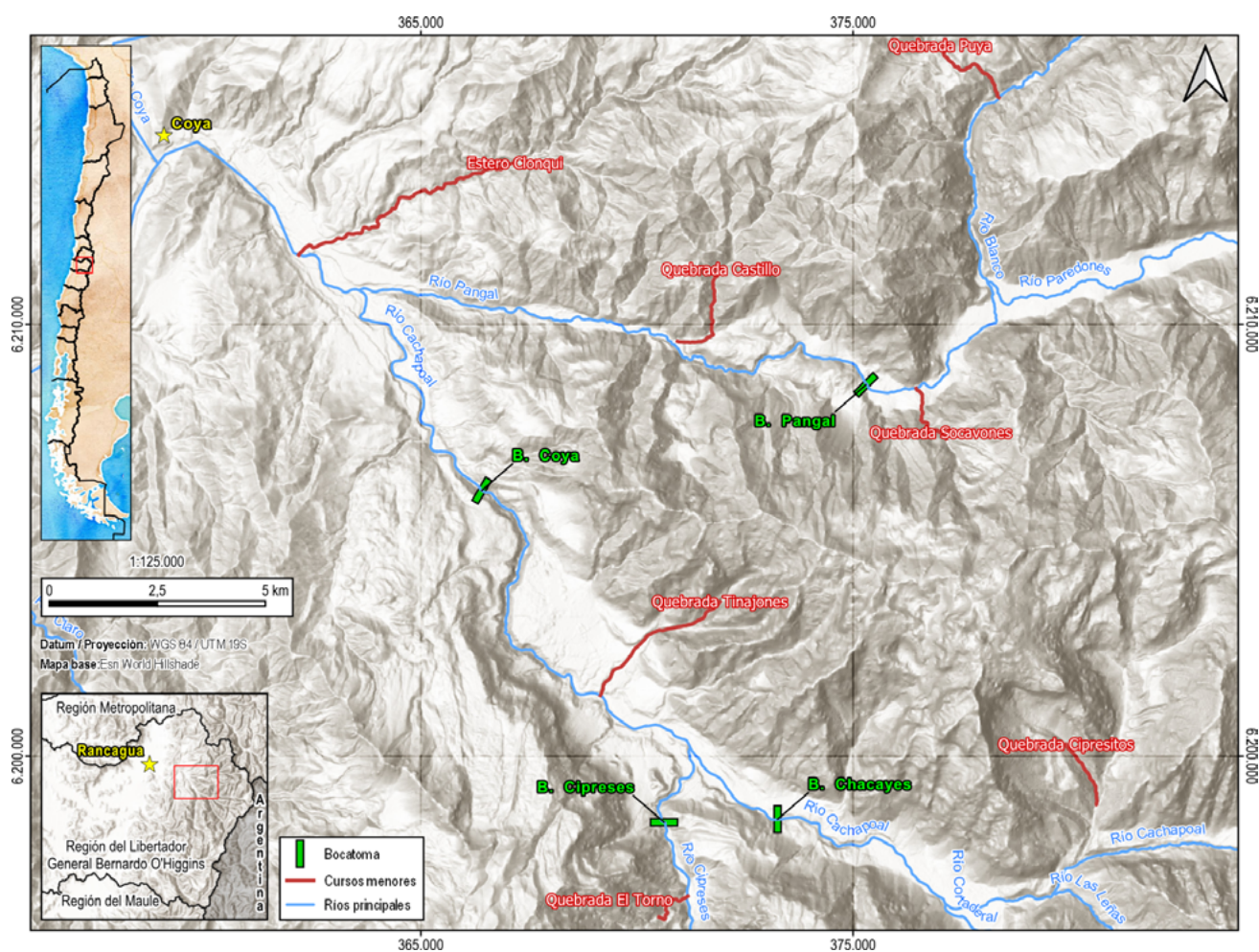


Figura 4. Ubicación de los cursos de agua menores monitoreados durante el año 2019, en relación a los ríos principales.

El acceso a los puntos de muestreo, ya sea a los de muestreo mensuales en los ríos principales, a los trimestrales en las zonas altas, o a los cursos menores, lo realizamos mediante vehículo 4x4, caballo, bicicleta y/o a pie, dependiendo de las condiciones del terreno. La aproximación a cada punto de muestreo la realizamos de forma cautelosa, de modo de evitar conductas de escape de los patos que pudieran

interferir con el conteo. Para evitar dobles conteos, dada la movilidad de los patos y su tendencia a escapar hacia aguas abajo, fuimos cubriendo los puntos en dirección hacia aguas arriba, procurando realizar de manera continua, dentro de un mismo día, la totalidad de los puntos de muestreo de una cuenca o subcuenca, de modo de reducir la posibilidad de dobles conteos por el desplazamiento de los patos.



El acceso a los puntos de muestreo se realizó mediante vehículo 4x4, caballo, bicicleta y/o a pie, dependiendo de las posibilidades de acceso, las que se podían complicar bastante durante el invierno debido a cortes de caminos.

22 El pato cortacorrientes

Desde cada punto de muestreo, mediante binoculares y/o telescopio terrestre, registramos el número de patos observados, su edad, el sexo, si estaban en actividad reproductiva, su conducta, y complementariamente determinamos la presencia de heces sobre las rocas.

Para evitar dobles conteos, cuando observamos patos en puntos sucesivos con algún grado de superposición de tramos visibles, registramos individuos adicionales solo si los patos previamente observados se mantenían visibles, o si existía diferencias de sexo y/o edad que permitieran diferenciar a los individuos. Cuando observamos patos desplazándose río arriba, no registramos individuos adicionales en el punto siguiente, a menos que tuviésemos evidencia clara

de que no se trataba de los mismos individuos en movimiento, considerando su número, sexo y edad. De existir incertezas, preferimos subestimar el número de patos y no sobrestimarlo.

Para determinar la edad de los patos identificamos patrones característicos de coloración del plumaje a diferentes edades. Consideramos como “pollos” a los patos evidentemente más pequeños que los adultos, con plumaje jaspeado café y blanco. Definimos como “juveniles” a los patos de talla relativamente parecida a los adultos, pero con plumaje gris claro y blanquecino. Como “subadultos” consideramos a los patos con plumaje similar a los adultos, pero con matices sucios. Finalmente, como “adultos” clasificamos a aquellas aves con el patrón de coloración de plumaje definitivo.



Estados de desarrollo de pato cortacorrientes y sus patrones de coloración del plumaje. A pollo; B juvenil; C hembra subadulto; D macho subadulto; E macho y hembra adultos.

Para los estados más tardíos de desarrollo, esto es subadultos y adultos, pudimos determinar el sexo de las aves a partir del patrón de coloración de su plumaje, con los machos presentando una coloración general blanca y negra, y las hembras con un plumaje gris y café rojizo.

Para identificar actividad reproductiva consideramos como indicador la presencia de pollos y de juveniles. Por último, la presencia de heces de pato cortacorrientes sobre las rocas, la consideramos como una evidencia indirecta de la actividad de patos.



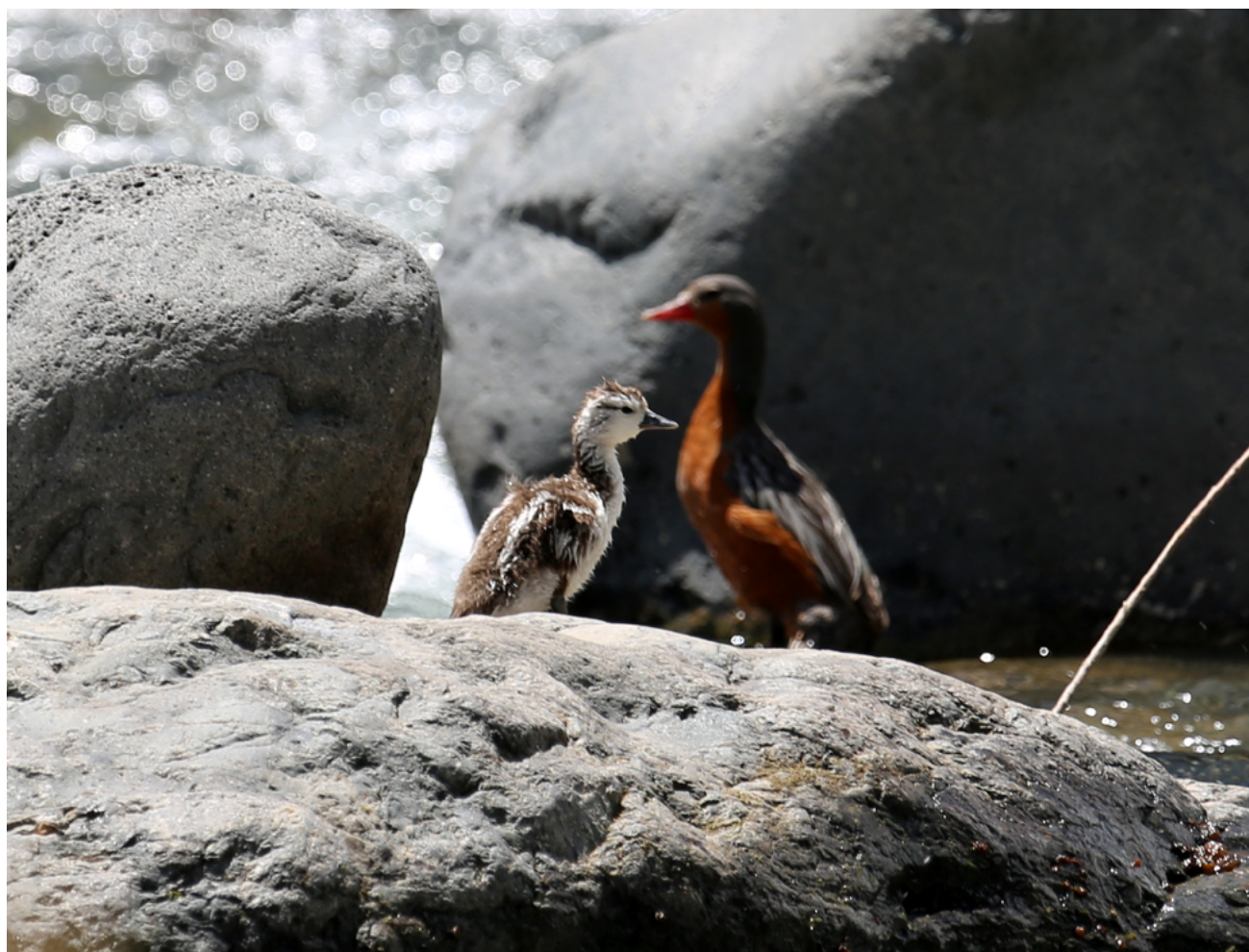
Heces de pato cortacorriente, evidencia de actividad de la especie.

24 El pato cortacorrientes

Ya que los ríos y sus tramos muestreados tienen distintas longitudes y no siempre fue posible acceder a todos los puntos de muestreo, utilizamos la “distancia visible” para corregir el indicador de abundancia y poder comparar tramos y campañas. Así, para cada campaña, consideramos los metros de río cubiertos visualmente en cada tramo o punto de muestreo. Los valores de “distancia visible” los actualizamos en la medida que se realizó algún ajuste en la distribución

de los puntos de muestreo y/o se observó un cambio en el curso del río y en la visibilidad del tramo, por ejemplo, como consecuencia de una crecida. Esta medida de esfuerzo la utilizamos para obtener la “densidad de pato cortacorrientes”, expresada en individuos por kilómetro de río. De este modo en nuestro estudio todos los análisis de abundancia se basan en dicho indicador.





DINÁMICA POBLACIONAL

**Dinámica en los ríos
principales**

Establecimos 151 puntos a lo largo del curso de los ríos principales de la cuenca (Figura 2, Tabla 1), cada uno de los cuales lo muestreamos de forma mensual durante el curso de 144 campañas de tres a siete días cada una, entre enero de 2007 y diciembre de 2018.

Tabla 1. Puntos de muestreo por río. Seguimiento mensual de pato cortacorrientes en los ríos principales de la cuenca del Cachapoal al año 2018.

Río	Tramo	Tipo	Kilómetros Visibles	Nº Puntos de muestreo	Km visibles por punto de muestreo
Cachapoal	Río abajo bocatoma Coya	Caudal intervenido	7,04	14	0,50
	Entre bocatomas y Coya y Chacayes	Caudal intervenido	8,19	13	0,63
	Río arriba bocatoma Chacayes	Caudal natural	7,39	19	0,39
	Total Río		22,62	46	0,49
Los Cipreses	Río abajo bocatoma Cipreses	Caudal intervenido	1,36	2	0,63
	Río arriba bocatoma Cipreses	Caudal natural	3,93	9	0,39
	Total Río		5,29	11	0,49
Cortaderal	Tramo único	Caudal natural	9,40	21	0,39
	Total Río		9,40	21	0,49
Las Leñas	Tramo único	Caudal natural	9,54	22	0,39
	Total Río		9,54	22	0,49
Pangal	Río abajo bocatoma Pangal	Caudal intervenido	9,39	26	0,63
	Río arriba bocatoma Pangal	Caudal natural	2,12	5	0,39
	Total Río		11,51	31	0,49
Blanco	Tramo único	Caudal intervenido	11,77	20	0,39
	Total Río		11,77	20	0,49
Totales generales			70,13	151	0,46

Patrón interanual

Entre enero de 2007 y diciembre de 2018, la abundancia de patos cortacorrientes presentó un patrón cíclico, alternando fases de aumento sostenido y de

caídas bruscas. Este patrón se dio para todo el conjunto de ríos muestreados (Figura 5), y para aquellos ríos monitoreados durante todo el estudio, es decir des-

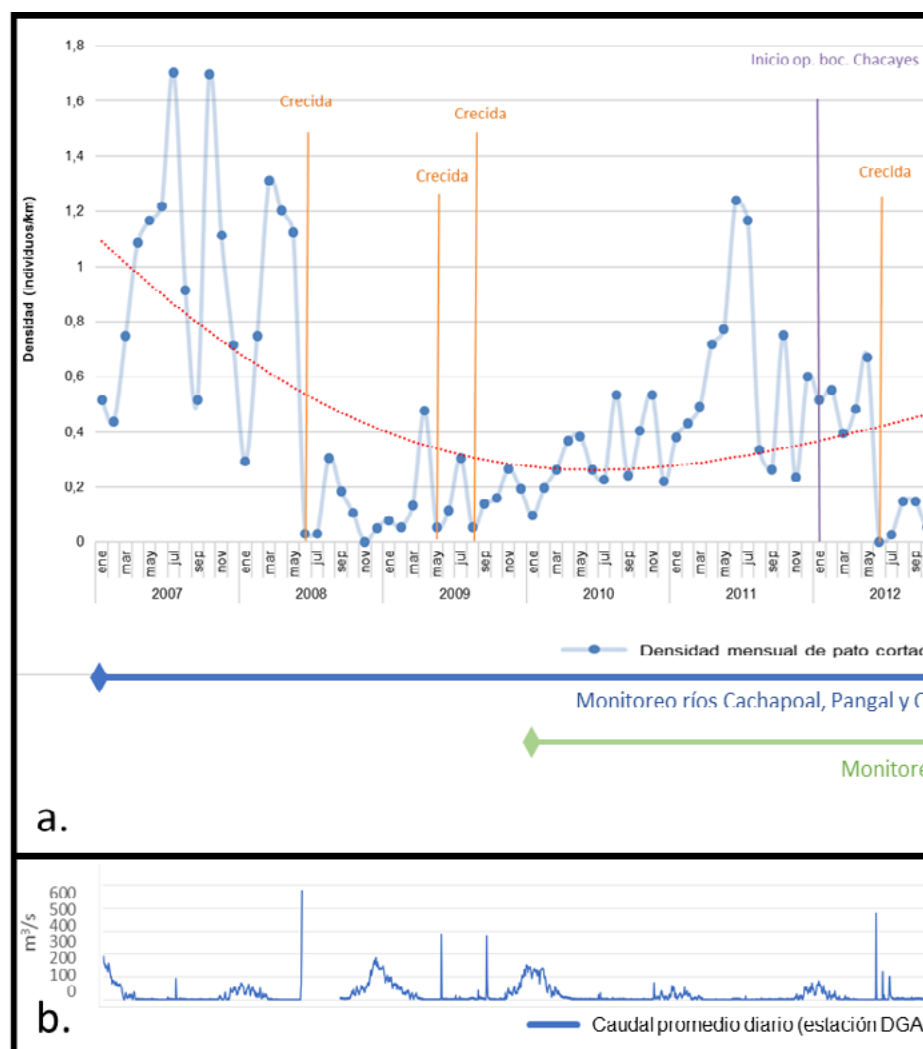
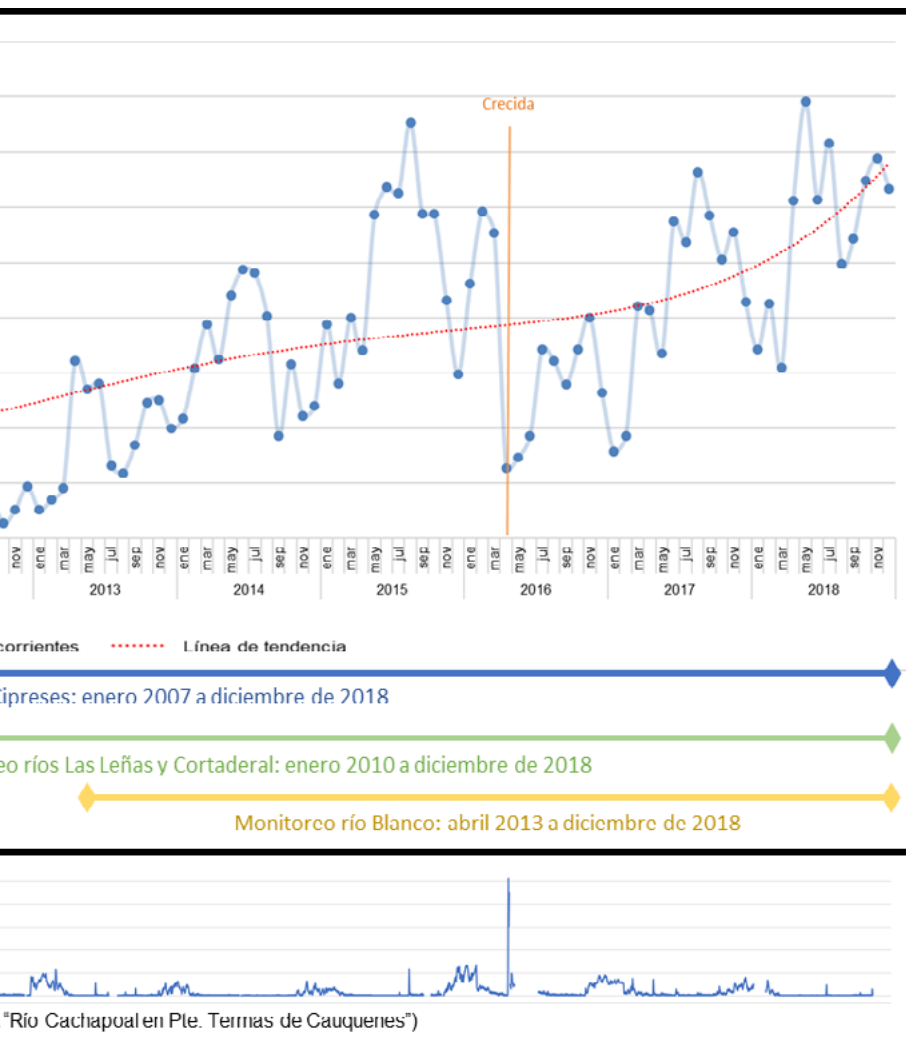


Figura 5. Recuadro "a": Densidad mensual de patos cortacorrientes en la cuenca del Cachapoal. "b": Caudal promedio diario en la estación de monitoreo "Río Cachapoal en Puente Termas de"

de 2007 (Figura 6). Los valores promedio de densidad de patos, su desviación estándar, máximos y mínimos, para ambos casos, los presentamos en la Tabla 2.



entre enero de 2007 y diciembre de 2018, considerando todos los ríos monitoreados. Recuadro Cauquenes" de la Dirección General de Aguas.

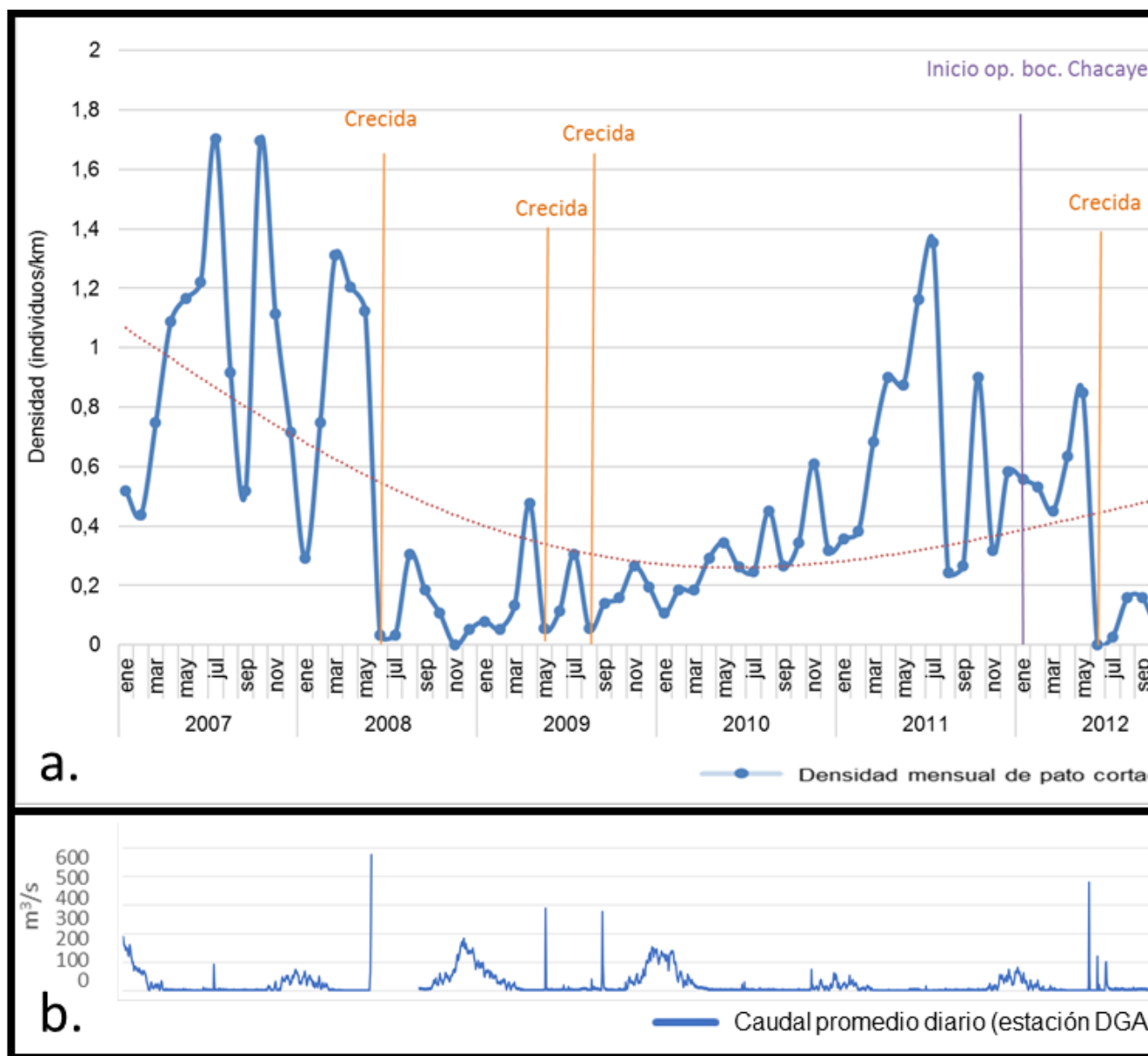
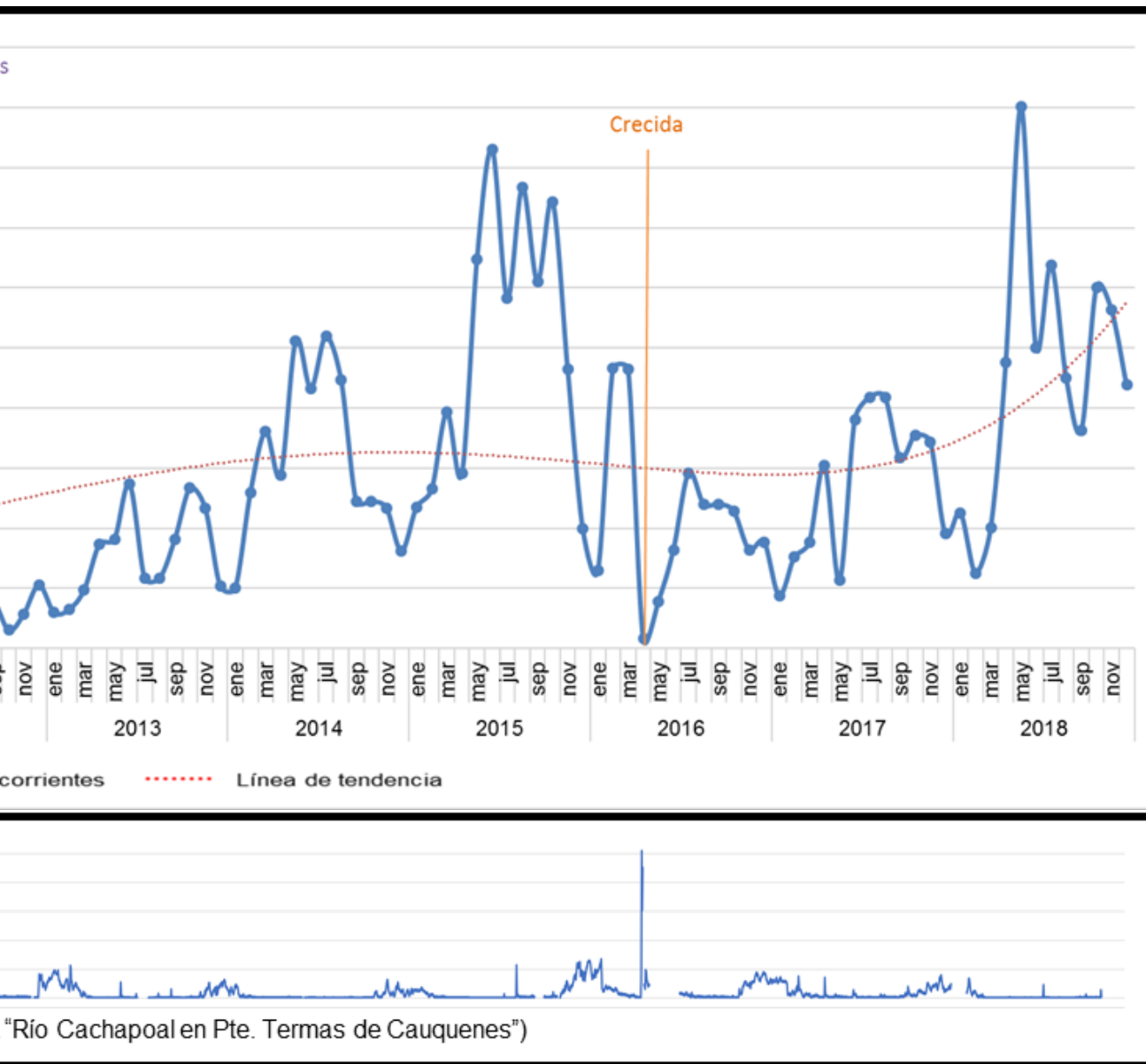


Figura 6. Recuadro "a": Densidad mensual de patos cortacorrientes en la cuenca del Cachapoal, entre enero de 2007 y diciembre de 2012. Recuadro "b": Caudal promedio diario en la estación de monitoreo "Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes" de la Dirección General de Aguas.



2018, considerando sólo los ríos monitoreados durante todo el estudio (Cachapoal, Pangal y Cipreses). Recuadro “b”: Caudal promedio

Tabla 2. Resumen de resultados del monitoreo mensual de pato cortacorrientes en los ríos principales, realizado entre enero de 2007 y diciembre de 2018.

		a. Todos los ríos monitoreados	b. Sólo los ríos monitoreados de manera permanente
DENSIDAD PROMEDIO MENSUAL (ind./km)	Promedio	0,627	0,562
	Desviación estándar	0,422	0,418
	Máximo	1,704 (Jun 2007)	1,704 (Jun 2007)
	Mínimo	0 (Jun 2012)	0 (Jun 2012)
DENSIDAD PROMEDIO ANUAL (ind./km)	Promedio	0,627	0,562
	Desviación estándar	0,32	0,285
	Máximo	1,138 (2018)	1,005 (2015)
	Mínimo	0,17 (2009)	0,17 (2009)

a. Considera todos los ríos monitoreados en este estudio, Cachapoal, Cipreses y Pangal desde 2007, Cortaderal y Las Leñas desde 2010, y Blanco desde 2013

b. Considera sólo los ríos Cachapoal, Cipreses y Pangal, monitoreados de manera ininterrumpida desde enero de 2007

Cada ciclo poblacional tuvo una longitud variable, pudiendo prolongarse por varios años. Todas las caídas bruscas de abundancia coincidieron con grandes crecidas otoñales (Figuras 5 y 6). Estas crecidas son eventos estocásticos que ocurren con cierta regularidad, y tuvieron un efecto catastrófico sobre la población local de pato cortacorrientes, produciendo una declinación considerable en su abundancia en la cuenca. Ello sería consecuencia de cambios en la hidrología de los ríos y en la disponibilidad de alimento, lo que generaría mortalidad y/o emigración de patos.

Entre los años 2007 y 2018, observamos claramente tres caídas poblacionales bruscas asociadas a crecidas: en junio de 2008, en junio de 2012 y en abril de 2016 (Figuras 5 y 6). Dichos eventos implicaron una reducción instantánea de la densidad de la especie, la que se recuperó progresivamente hasta la ocurrencia de una nueva crecida y la subsecuente declinación. Hubo dos crecidas adicionales en el año 2009, cuyo efecto sobre la población de pato cortacorrientes fue menos evidente, debido a que ésta ya venía con conteos bajos luego de la crecida del año 2008.

Durante las crecidas se registraron caudales promedio diarios de entre 275 m³/s (06-09-2009) y 508 m³/s (15-04-2016). Para dimensionar su magnitud podemos señalar que dichos valores son entre 41 y 69 veces más altos que el caudal promedio diario observado

a lo largo de todo el estudio para los meses en que ocurrieron las crecidas (Tabla 3, Figura 7). Estas crecidas fueron eventos repentinos, sin un aumento progresivo de caudal, como ocurre en la temporada de primavera-verano por aporte nivoso y glacial.

Tabla 3. Fechas de ocurrencia de crecidas de los ríos en el área de estudio, según datos de la estación de monitoreo "Río Cachapoal en puente Termas de Cauquenes", de la DGA.

Fecha de crecida	Cudal promedio diario durante la crecida (m ³ /s)	Caudales de referencia (m ³ /s)	
		a. Máximo anual temporada estival	b. Promedio para el mes de ocurrencia
22-05-2008	474	181	7,0
13-05-2009	287	152	7,0
06-09-2009	275	152	5,6
27-05-2012	377	82,7	7,0
15-04-2016	508	134	7,8

a: Se refiere al caudal promedio diario más alto observado en los meses enero, febrero, noviembre y diciembre del año de ocurrencia de la crecida.

b: Se refiere al caudal promedio diario para el mes de la ocurrencia, considerando todo el periodo de monitoreo (enero 2007 al diciembre 2008)

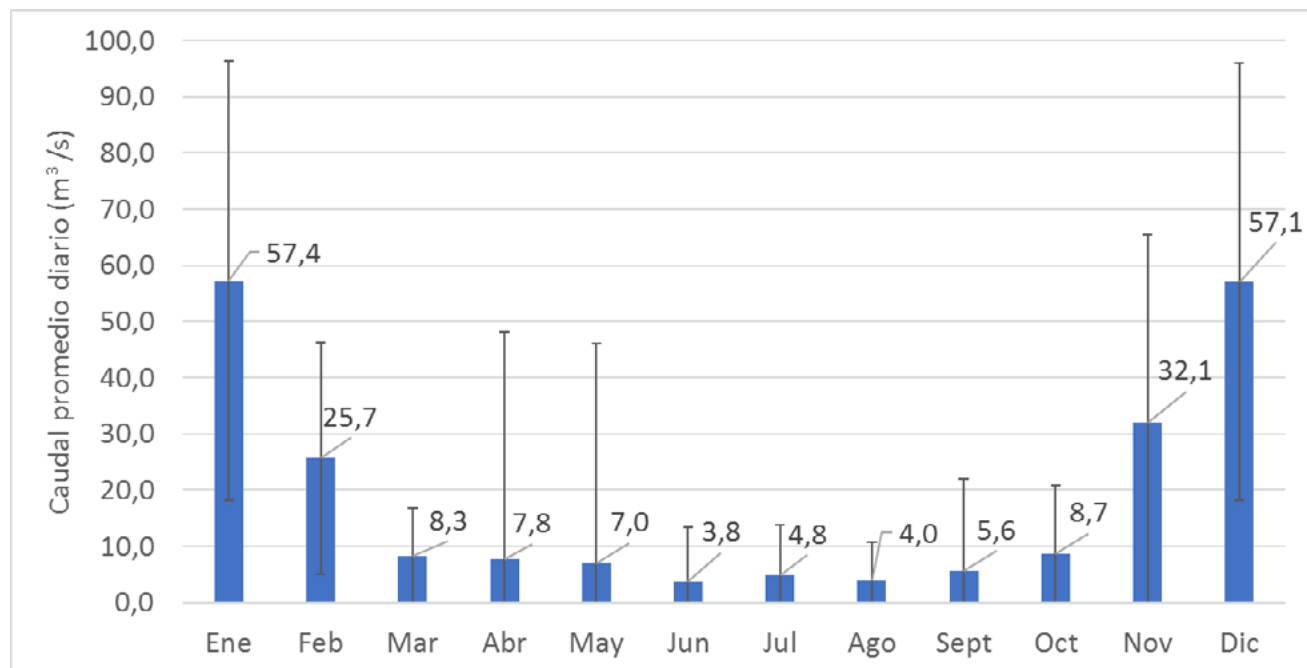


Figura 7. Caudal promedio diario mensual para el período enero de 2007 a diciembre de 2018, según datos de la estación de monitoreo “Río Cachapoal en puente Termas de Cauquenes” de la Dirección General de Aguas. Las barras de error muestran la desviación estándar de los datos.

Como se señaló, uno de los posibles mecanismos de regulación poblacional derivados de las crecidas podría ser la falta de alimento, lo que pudimos constatar luego de la crecida de mayo de 2008. En efecto, antes de la crecida, en enero de 2008, registramos una riqueza de nueve especies de macroinvertebrados acuáticos y una abundancia de 304 individuos por m². En julio de 2008, es decir dos meses después de la intensa lluvia y de la crecida, observamos sólo cuatro organismos de la misma familia (riqueza=1). Mientras que siete meses después de la crecida, registramos una riqueza de 11

especies y una abundancia de 1.678 individuos por m². Así, las crecidas podrían generar mortalidad indirecta de patos debido a cambios en la hidrología de los ríos y a una disminución abrupta de la disponibilidad de alimento. También podrían provocar mortalidad directa de individuos, al ser estos arrastrados por el aumento de caudal o al ser golpeados por material que arrastra el río. Por último, los cambios hidrológicos y la disminución de disponibilidad de alimento asociados a las crecidas podrían provocar emigración de individuos hacia otras cuencas.

El efecto de las crecidas sobre la población de pato cortacorrientes se reflejó en los promedios anuales de densidad mensual, tanto para todos los ríos en su conjunto (Figura 8a), como para aquellos ríos que

monitoreamos a lo largo de todo el estudio (Figura 8b). Pudimos apreciar claramente que los años en que ocurrieron crecidas hubo marcadas caídas en los promedios anuales de densidad de patos.

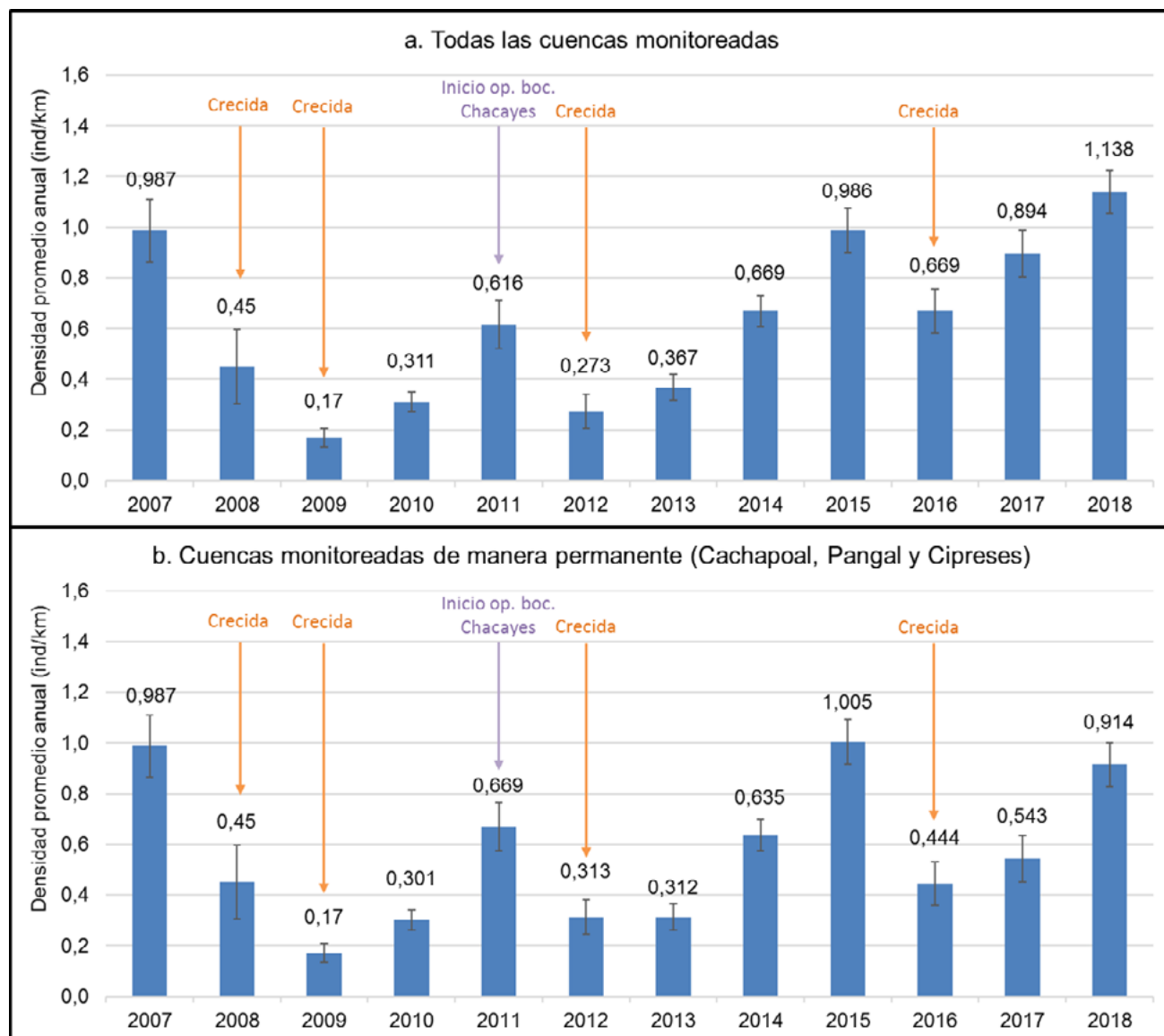


Figura 8. Promedio anual de la densidad mensual de patos cortacorrientes en el área de estudio entre enero de 2007 y diciembre de 2018.

Nos llamó la atención que, si consideráramos sólo aquellos ríos monitoreados durante todo el estudio, los que proveían datos sin sesgos asociados a la incorporación de ríos adicionales, la reducción del promedio anual de densidad de patos para aquellos años con crecidas respecto al año anterior, era relativamente similar (Tabla 4). Así, en los años en que

se produjo crecidas, el promedio anual de densidad de patos fue entre un 53% y un 62% más bajo que el año anterior. Al excluir el valor extremo del año 2009 (62%), y considerar sólo los años 2008, 2012 y 2016, la disminución en la densidad promedio anual osciló entre un 53% y un 56% con respecto al año anterior.

Tabla 4. Relación entre los promedios anuales de densidad de patos cortacorrientes para los años de ocurrencia de crecida y los años anteriores a esta, considerando el conjunto de ríos monitoreados a lo largo de todo el estudio (Cachapoal, Pangal y Cipreses).

Año con evento de crecida	Promedio anual de densidad (individuos/km)		Disminución porcentual*
	Año antes de la crecida	Año que ocurre la crecida	
2008	0,987	0,45	54,4%
2009	0,45	0,17	62,2%
2012	0,669	0,313	53,2%
2016	1,005	0,444	55,8%

*Disminución en la densidad promedio durante el año en que ocurre la crecida con respecto al año anterior

Patrón estacional o intra anual

Dentro de estos ciclos de crecimiento y colapso poblacional asociados a crecidas extremas que se sucedieron cada cierta cantidad de años, se anidó un patrón más corto y regular de variación en la densidad de patos dentro del año, el cual estaría asociado a cambios estacionales en el clima y el caudal, y que serían el reflejo de respuestas conductuales de la especie. Este patrón intra anual se caracterizó por

presentar valores mínimos de densidad promedio en enero, aumentando progresivamente hasta mayo, manteniéndose relativamente estable hasta agosto, para luego declinar progresivamente hasta diciembre (Figura 9). Esto implica que las mayores abundancias de patos ocurrían en otoño e invierno, bajando en primavera y alcanzando los mínimos en verano (Figura 10).

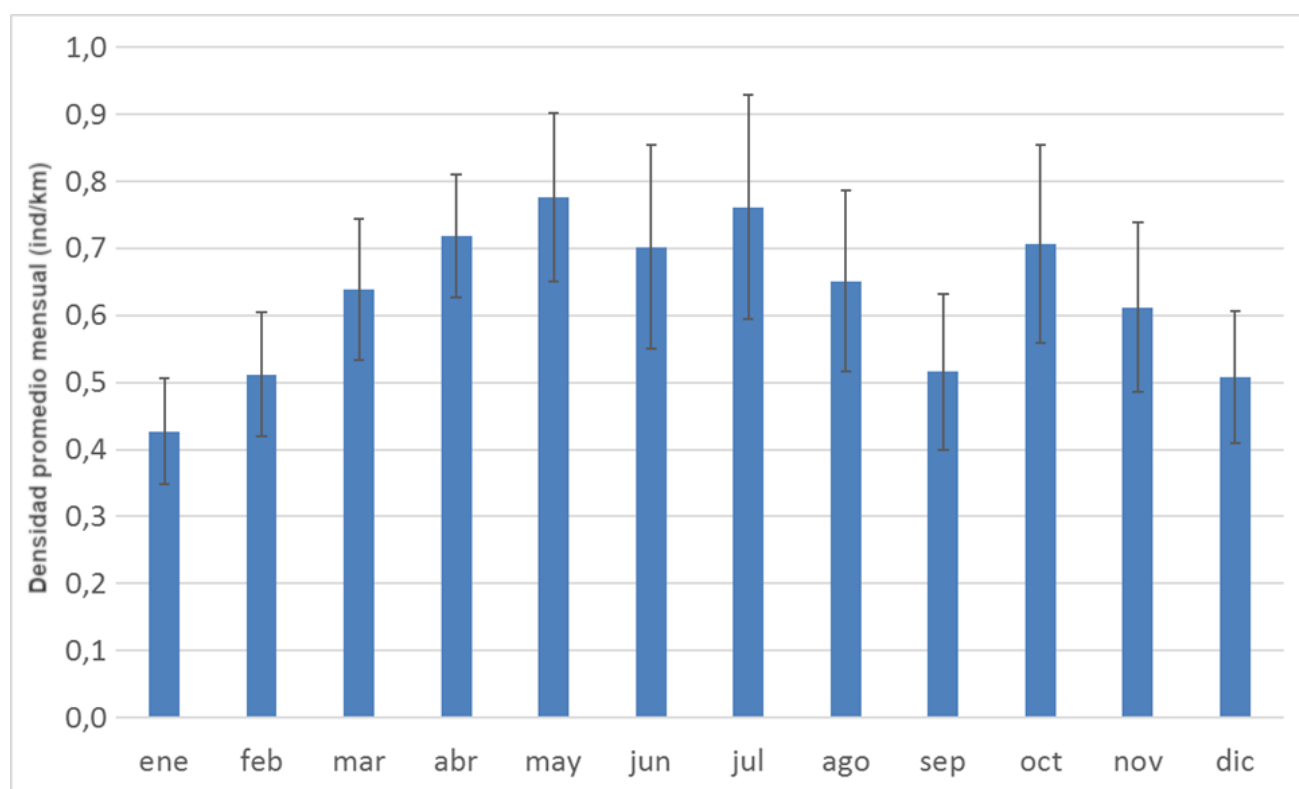


Figura 9. Densidad promedio mensual de patos cortacorrientes en el área de estudio, para el período enero de 2007 a diciembre de 2018. Las barras de error representan el error estándar de la media.

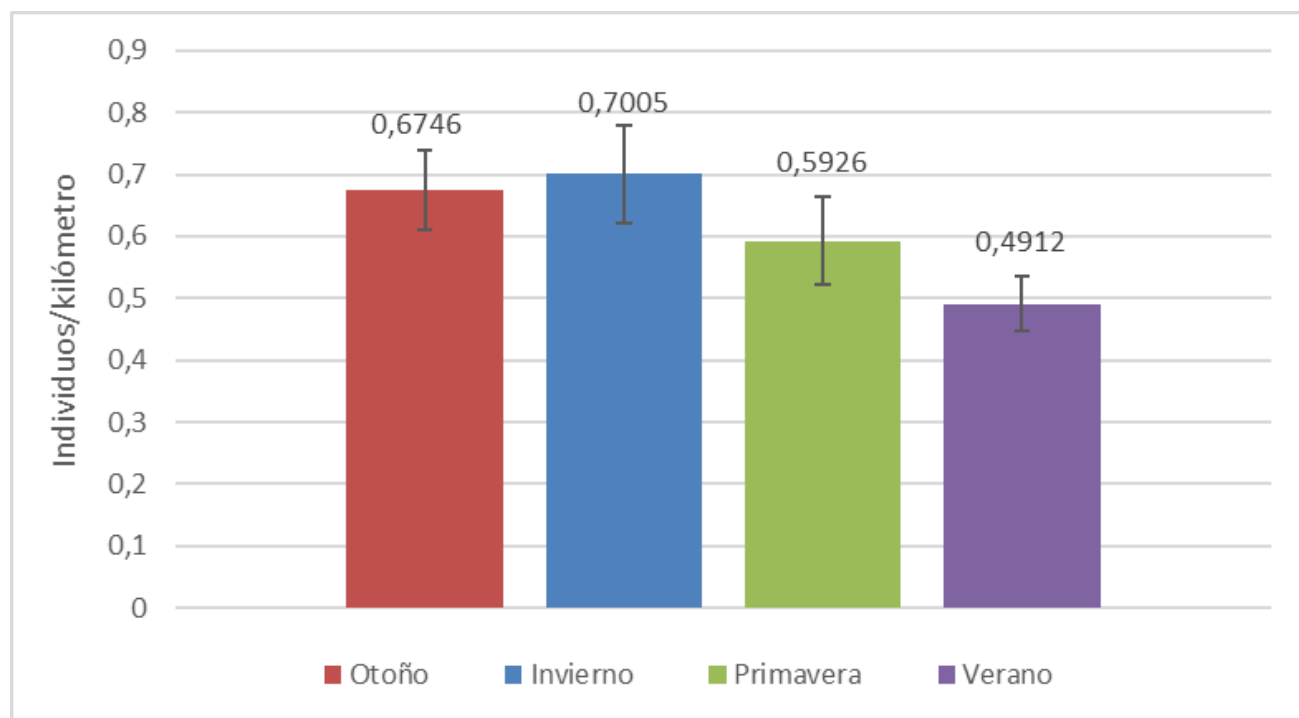


Figura 10. Promedio estacional de la densidad de patos cortacorrientes en el área de estudio, para el período enero de 2007 a diciembre de 2018. Las barras de error representan el error estándar de la media.

Respecto de la calidad del hábitat, los ríos del área de estudio presentan condiciones contrastantes entre la temporada fría (otoño e invierno) y la temporada cálida (primavera y verano). La cuenca del río Cachapoal posee un régimen eminentemente nivoso-glacial, con una marcada disminución de caudales en el período marzo-octubre con respecto al período noviembre-febrero (Figura 7). Si bien muchos cursos menores constituyen hábitat adecuado para la especie entre noviembre y febrero, estos dejan de serlo durante el estiaje (marzo-octubre) ya que reducen ostensiblemente su caudal o incluso se secan. Producto de esto, durante el estiaje, observamos una

concentración de individuos en aquellas zonas que aún mantienen niveles de caudal adecuados para la especie, concretamente en los ríos principales, los que, alimentados por múltiples cursos menores, mantienen un caudal importante durante todo el año. Esto lo vimos reflejado en la existencia de una relación inversa significativa entre el caudal en los ríos principales y su densidad promedio de pato cortacorrientes para los doce meses del año (Figura 11). El caudal promedio diario para cada mes nos permitió hacer inferencias respecto de la disponibilidad de hábitat en cursos menores. Altos caudales sugieren elevado aporte de deshielo, el que alimenta directamente a los cursos

principales y cursos de agua secundarios. Por tanto, y con condiciones de hábitat adecuados para el pato cortacorrientes durante todo el año. la densidad promedio de patos tendía a ser mayor en cursos principales, con mayor caudal permanente

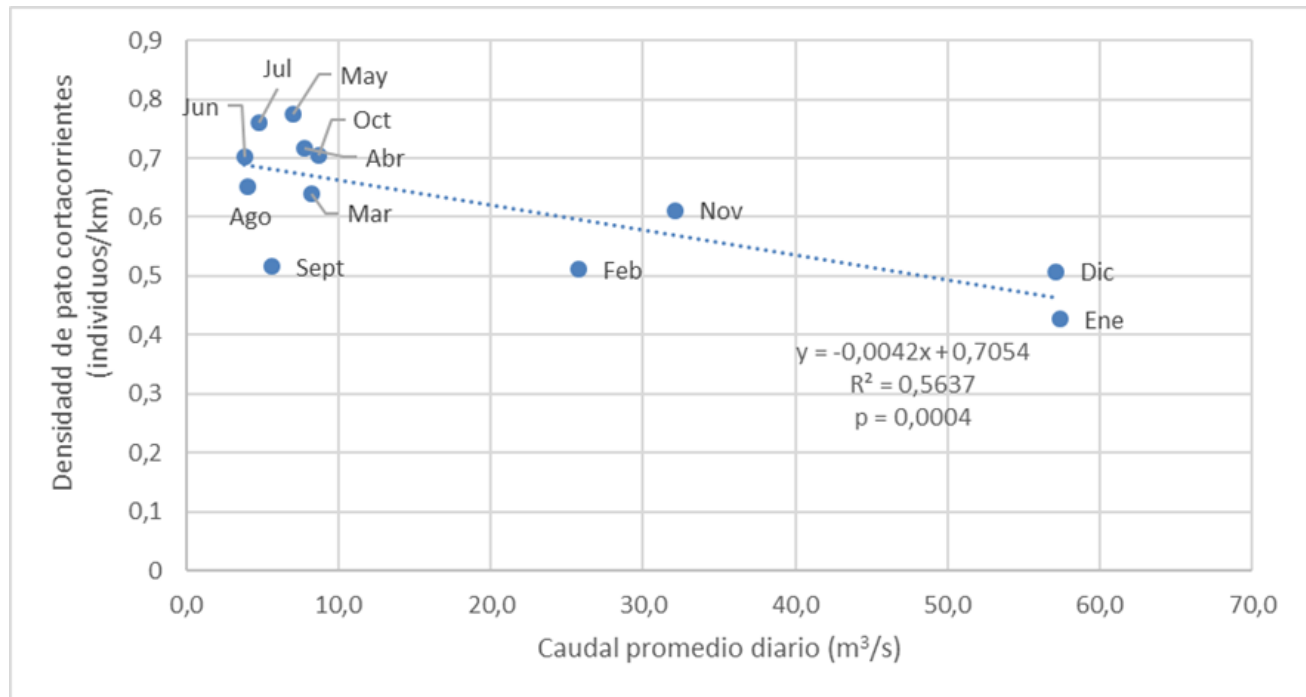


Figura 11. Relación entre el caudal promedio diario y la densidad promedio de patos cortacorrientes para los doce meses del año.

40 El pato cortacorrientes

La conducta territorial del pato cortacorrientes fue marcadamente estacional, asociada a su ciclo reproductivo. Así, en la temporada no reproductiva, observamos un alza de un 14% en el número de individuos por punto de muestreo y un alza del 35% en el número de puntos de monitoreo con presencia de

la especie, con respecto a la temporada reproductiva. Ambos valores indicaban para el estiaje, es decir fuera del período reproductivo, una mayor concentración de individuos en los ríos principales y una atenuación en la conducta territorial agonista fuera del período reproductivo.



Se observó una atenuación de la conducta territorial y mayor concentración de individuos en los ríos principales durante el otoño e invierno, es decir fuera del período reproductivo.

En efecto, durante la temporada no reproductiva, la que se desarrolló entre abril y julio, observamos con mayor frecuencia grupos de patos en el mismo tramo de río, concentrando el 70% ($n=35$) de los avistamientos de cinco o más individuos juntos, con un máximo de 12 individuos. En estas observaciones no consideramos a los pollos y juveniles, los que forman parte de grupos familiares. Por tanto, las observaciones mostraron una mayor tendencia a agruparse en los ríos principales durante el período invernal.

En contraposición, durante la temporada reproductiva, la que se desarrolló entre agosto y marzo, se incrementaban las conductas territoriales. En efecto,

a mediados de invierno, las parejas reproductoras comenzaban la defensa de tramos de río previo a la nidificación. La conducta territorial se mantuvo hasta la emancipación de las crías, cuando éstas alcanzaron el estado de subadulto, a los cuatro meses de edad aproximadamente.

Así, considerando la variación en la disponibilidad de hábitat y la conducta reproductiva y territorial, a continuación analizamos el patrón de variación intra anual, en la densidad de pato cortacorrientes (Figura 12):

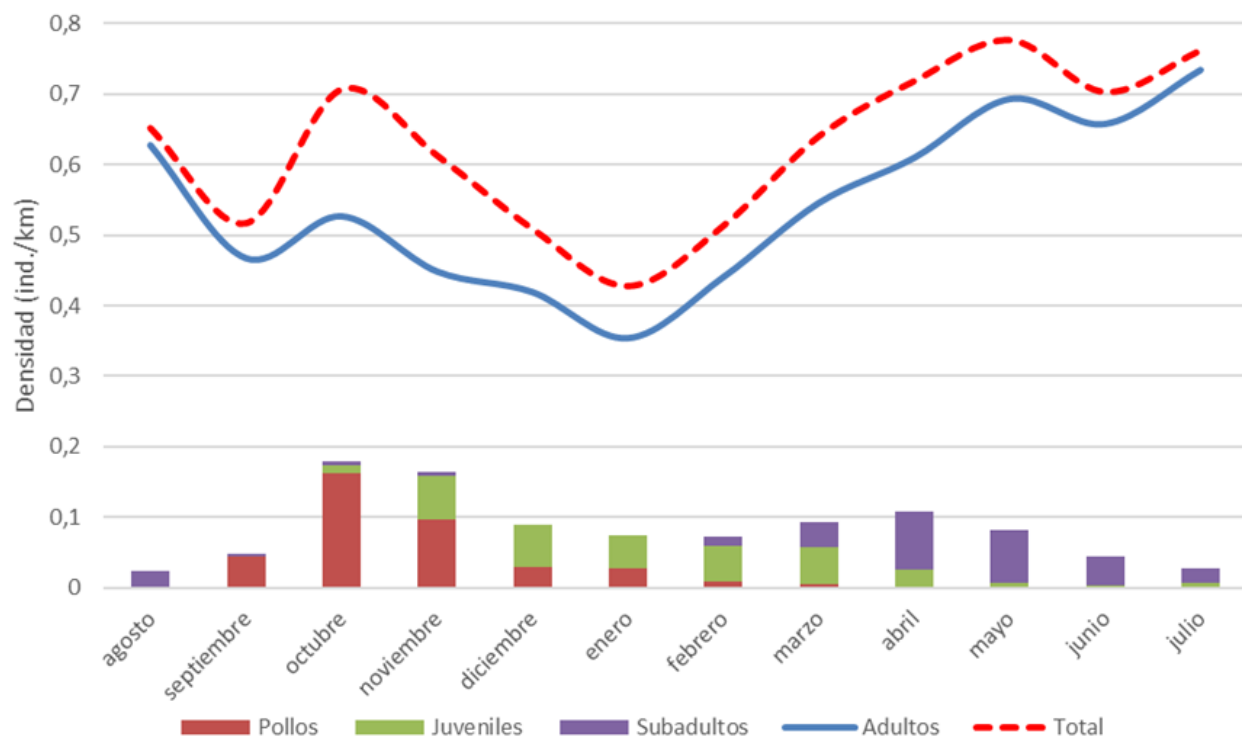


Figura 12. Promedio mensual de la densidad de los distintos estados de desarrollo de pato cortacorrientes. Período enero de 2007 a diciembre de 2018. *La densidad total y de adultos se presenta como líneas para efectos de claridad en la presentación gráfica. Presentar todas las series como columna, dificulta la apreciación de la variación de densidad de los estadios inmaduros.

- A partir de agosto y hasta diciembre-enero, observamos una declinación progresiva de la densidad de patos, particularmente evidente en los adultos, lo que coincidía con el inicio del período reproductivo y el establecimiento de las parejas reproductoras, y con una transición hacia una conducta más territorial. Al mismo tiempo, desde agosto, comenzaban a aumentar sostenidamente los caudales de los ríos (Figura 7) y la temperatura ambiente (Figura 13), lo que implicaba, asociado

al deshielo, un progresivo aumento de hábitat disponible en las zonas altas de la cuenca, por un aumento de caudal en esteros secundarios y una mejora general de las condiciones para la especie. Estos antecedentes nos sugerían que la caída de la densidad de patos a partir de agosto y hasta enero podía ser el resultado de la dispersión o desplazamiento de parte de la población de adultos desde los ríos principales hacia zonas más elevadas y cursos menores. La caída puntual

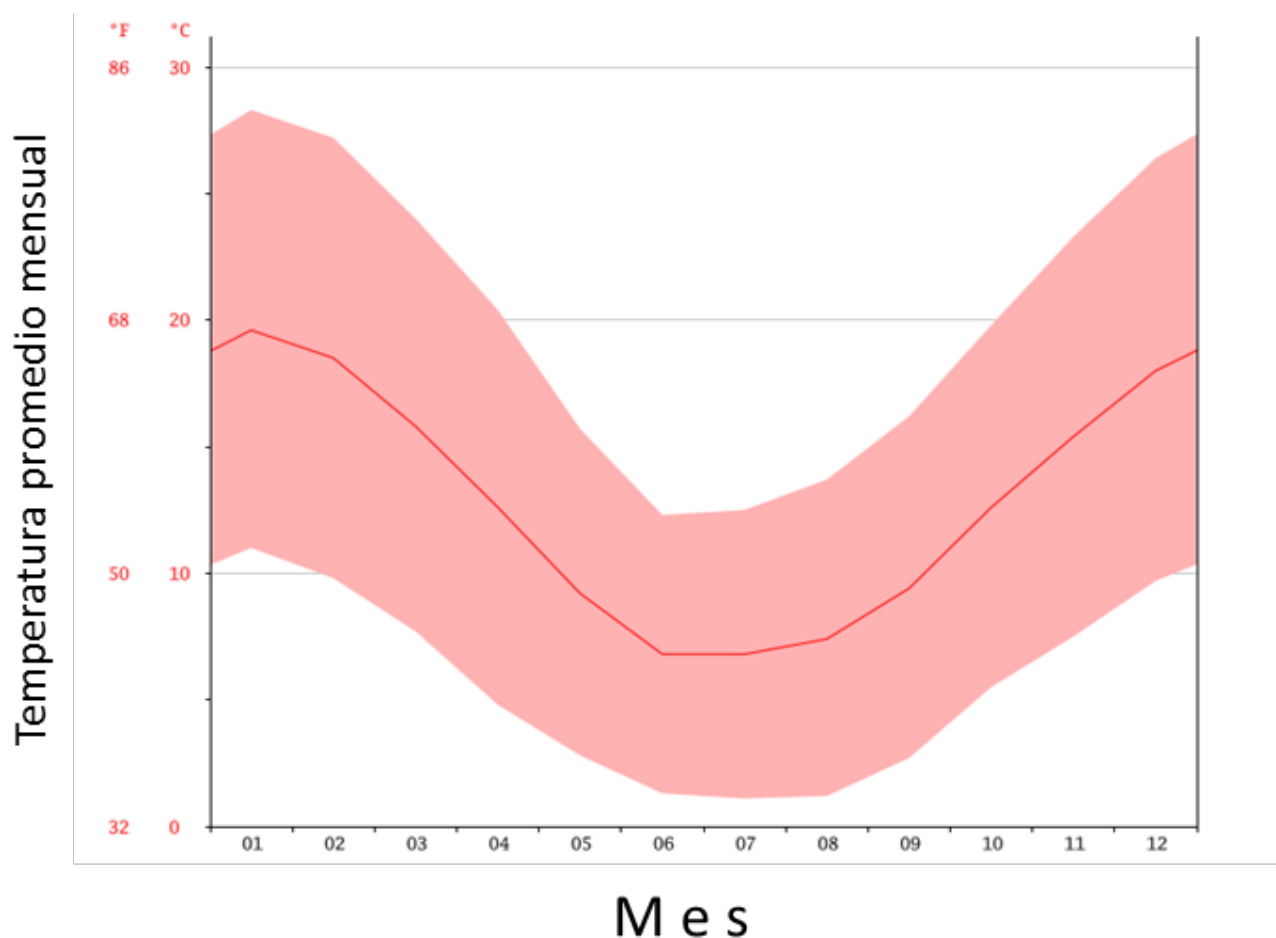


Figura 13. Temperatura promedio mensual para la localidad de Coya, según modelo climático del sitio climate-data.org. Se revisó la información disponible de estaciones meteorológicas de la Dirección General de Aguas instaladas en el área de estudio (Pangal, Cachapoal y Las Leñas) sin encontrarse datos sobre temperaturas promedio mensuales.

que observamos en septiembre, la atribuimos a una conducta más críptica de las parejas, pues la mayoría se encontraba incubando, como sugería el máximo de pollos que se observaba en octubre (Figura 12), considerando un período de incubación aproximado de 40 días. El alza que observamos en el mes de octubre, la atribuimos a la menor proporción de parejas incubando, como sugería la leve alza en la densidad de adultos y, sobre todo, al reclutamiento y avistamiento de crías.

- El mes de enero presentó el mínimo anual de densidad de pato cortacorrientes. Esto coincidió con el máximo anual de caudal (Figura 7), el que proponemos como un indicador de la disponibilidad de hábitat en esteros y quebradas secundarios, cuyo caudal es más bajo y muchas veces adecuado para patos cortacorrientes sólo durante parte del año. En enero la conducta territorial aún fue marcada y coincidió con el comienzo de la emancipación de las primeras nidadas, aquellas que eclosionaron en septiembre, aunque una proporción de las parejas aún se encontraba incubando o con crías dependientes.
- A partir de febrero observamos un aumento progresivo de la densidad de patos, con un máximo anual en mayo. Esta concentración estaría modulada por una atenuación de la conducta territorial propia del período reproductivo, cuando las parejas defienden tramos de río y son intolerantes a otros patos. También influiría

la disminución del hábitat disponible debido al congelamiento de los tramos superiores de los ríos y/o a la desaparición o disminución considerable del caudal de los cursos menores, que tienen un régimen eminentemente nivoso. Por último, al aumento de la densidad de patos en el área de estudio también contribuiría el reclutamiento de crías, incluyendo individuos nacidos fuera de los ríos muestreados. Terminado el período de eclosión y hasta la adultez, se esperaría una disminución progresiva y sostenida de la densidad de inmaduros debido a la mortalidad en etapas tempranas y durante la emancipación, y luego debido a la transición al estado adulto. Sin embargo, en marzo-abril observamos una leve alza en el total de inmaduros (Figura 12), lo que no podíamos atribuirlo a la eclosión de nidadas tardías, ya que la densidad de pollos en los meses anteriores fue en extremo baja. Esta alza la atribuimos a la llegada, desde fuera de la zona de monitoreo mensual, de inmaduros nacidos en cursos altos y/o menores.



Los patos abandonan los tramos de ríos ubicados a mayor altitud y los cursos menores durante el otoño e invierno en la medida que su caudal se reduce y/o los cursos se congelan. Ello provoca concentración de patos en los cursos principales en las zonas más bajas de la cuenca.

- Entre mayo y julio observamos una densidad relativamente estable, registrando además los máximos anuales. En este período no ocurrieron grandes cambios en la conducta de la especie ni en la disponibilidad de hábitat, como se evidenció al observar el caudal promedio mensual (Figura 7). Hacia fines de julio comenzamos a observar ciertas conductas territoriales, las que antecedieron a la declinación de la densidad a partir del mes de agosto, cuando se inició un nuevo período reproductivo.

Dinámica comparada entre ríos

Cada río monitoreado presentó condiciones particulares, lo que esperábamos influiría en los patrones de variación de la abundancia de pato cortacorrientes en cada uno de ellos (Figura 14). Si bien en todos los ríos la densidad de patos estaría modulada por ciclos interanuales de crecimiento sostenido y colapso asociado a crecidas extremas, así como por la estacionalidad intra-anual, hubo diferencias entre ríos

en la densidad de patos y su variación en el tiempo, en la respuesta a las crecidas, en el momento de inicio y término de la temporada reproductiva, y en la aptitud como zonas de reproducción. A continuación, revisamos estas diferencias y analizamos el aporte de cada río a la dinámica poblacional del pato cortacorrientes en la cuenca completa.

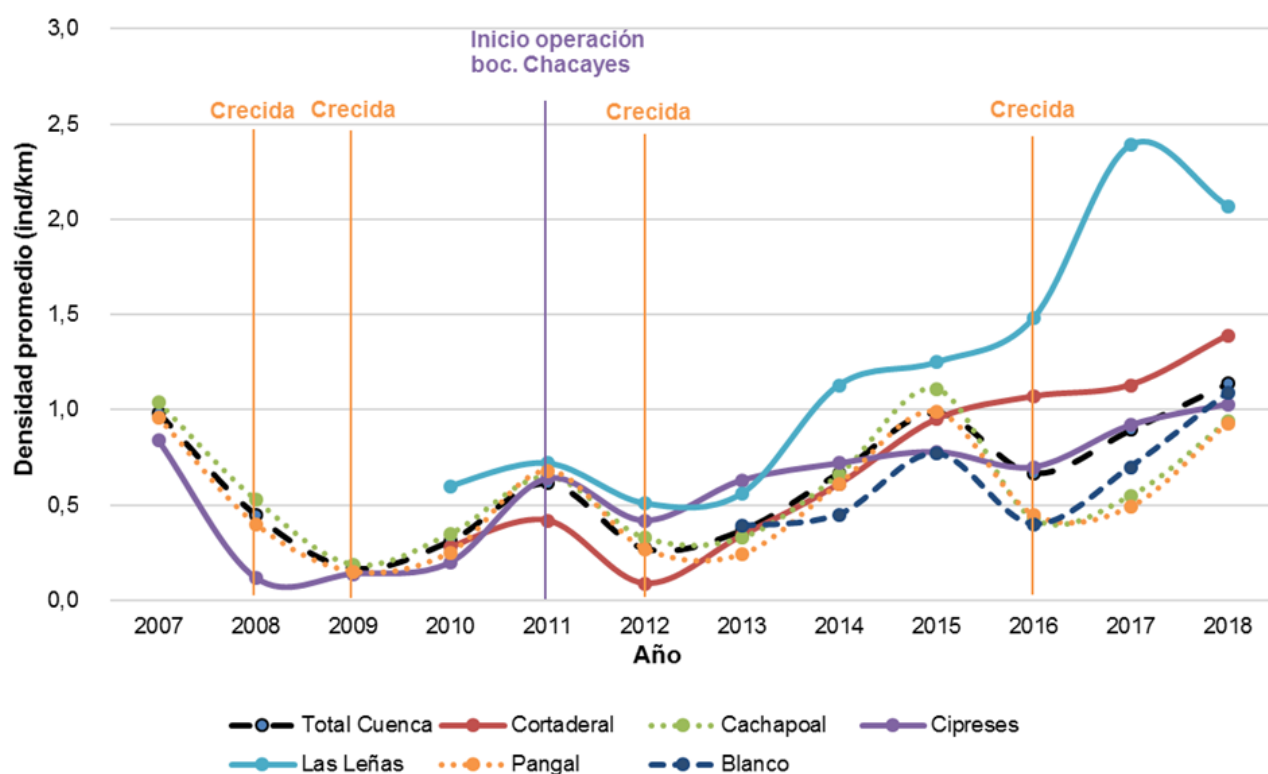


Figura 14. Densidad promedio anual de patos cortacorrientes para cada río monitoreado. Período enero de 2007 a diciembre de 2018.

*Líneas continuas: río con caudal natural; líneas discontinuas: río con caudal intervenido.

Densidad de patos cortacorrientes en cada río y su variación en el tiempo



Cada uno de los ríos estudiados tuvo un comportamiento particular en términos de la abundancia de patos cortacorrientes y de la dinámica de esta abundancia, tanto entre años, como estacionalmente dentro del año. En la imagen el río Cortaderal, frente al estero Cipresillos, un sitio con presencia casi permanente de patos.

Los ríos monitoreados contribuyeron en diferente magnitud a la densidad total de patos en la cuenca, ello considerando la incorporación de nuevos ríos al monitoreo en distintos períodos del estudio (Figura 15).

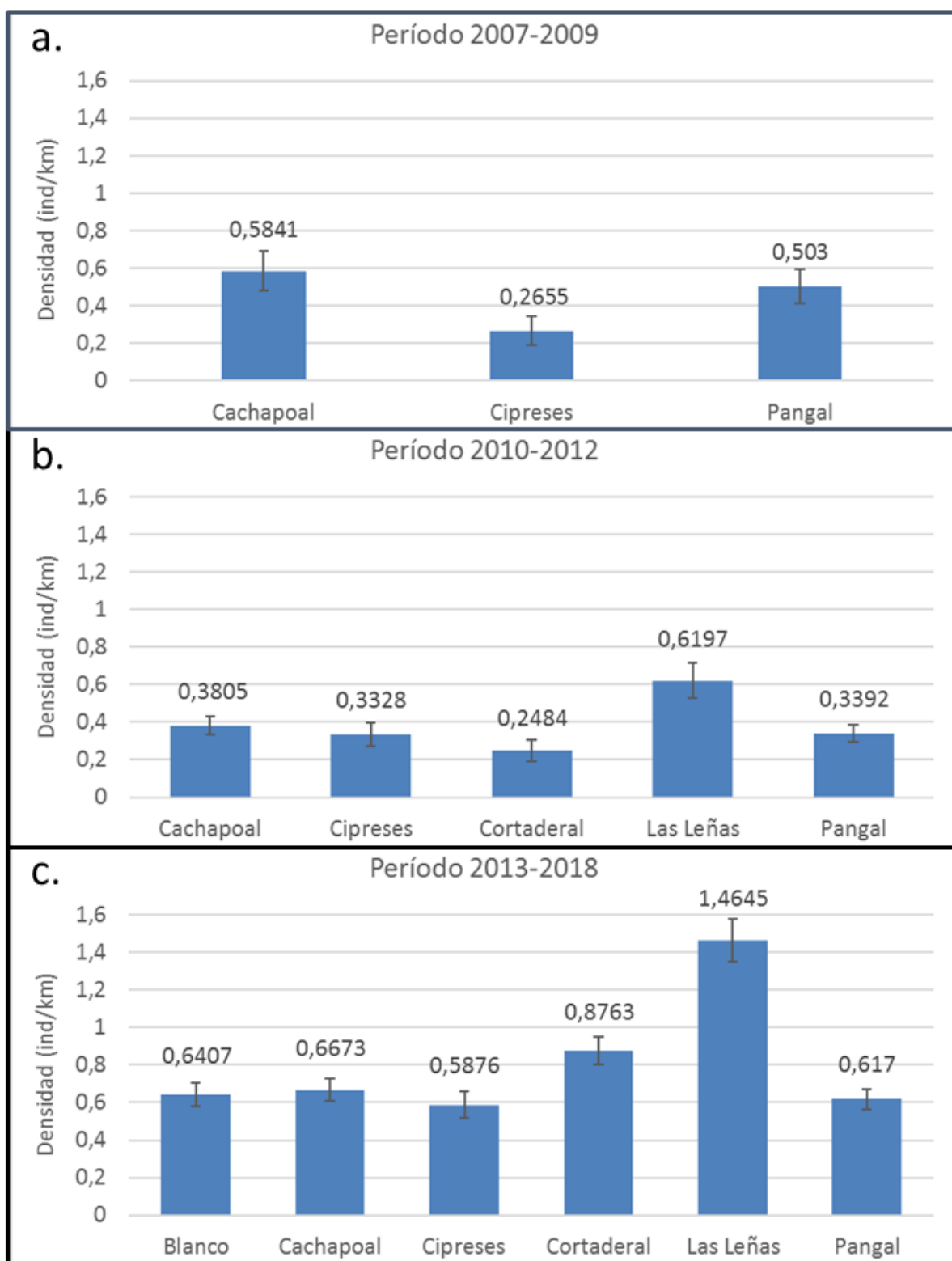


Figura 15. Densidad promedio mensual por río, para los distintos períodos de monitoreo según la incorporación de nuevos ríos al estudio.

Al considerar el último período, entre 2013 y 2018, podemos apreciar que los ríos Cachapoal, Blanco, Pangal y Cipreses presentaron densidades promedio relativamente similares, oscilando entre 0,6 y 0,7 ind./km. Por su parte, los ríos Cortaderal y Las Leñas, presentaron densidades mucho más altas en este último período, con un promedio de 0,9 ind./km y 1,5 ind./km, respectivamente. Una relación Cachapoal>Pangal>Cipreses se mantuvo durante los tres períodos definidos, aunque la diferencia entre los tres, particularmente la menor densidad en el río Cipreses, se fue atenuando en los períodos sucesivos.

Los ríos Cachapoal, Pangal, Cipreses y Blanco presentaron densidades de patos cíclicas, claramente definidas por la ocurrencia de crecidas (Figura 16), con caídas abruptas luego de estas y una posterior recuperación hasta los niveles observados previo a la perturbación, sin una tendencia a la declinación o crecimiento sostenido durante el tiempo de monitoreo. El incremento de la densidad de patos durante cada ciclo no parecía haber estado limitado por la capacidad

de carga de los ríos, pues, aunque la tasa de crecimiento entre crecidas varió bastante (Figura 16, Tabla 5), no se apreció una disminución de esta tasa al aumentar la densidad de patos. Si ocurriera una limitación de la población por disponibilidad de recursos (capacidad de carga), la tasa de crecimiento de la población debía haber disminuido progresivamente a medida que aumentaba la densidad. En otras palabras, la tasa de crecimiento debería haberse comportado de manera denso dependiente, lo que no observamos en el monitoreo. Más bien, observamos tasas de crecimiento variables en cada río y relativamente altas.

Los ríos Las Leñas y Cortaderal, desde su incorporación al estudio en el año 2010, y a diferencia de los ríos previamente señalados (Cachapoal, Pangal, Cipreses y Blanco), presentaron un alza sostenida de la densidad de patos durante el monitoreo (Figura 16). A partir del año 2013, los ríos Las Leñas y Cortaderal se separaron de la tendencia del resto de los cursos monitoreados, especialmente el río Las Leñas.



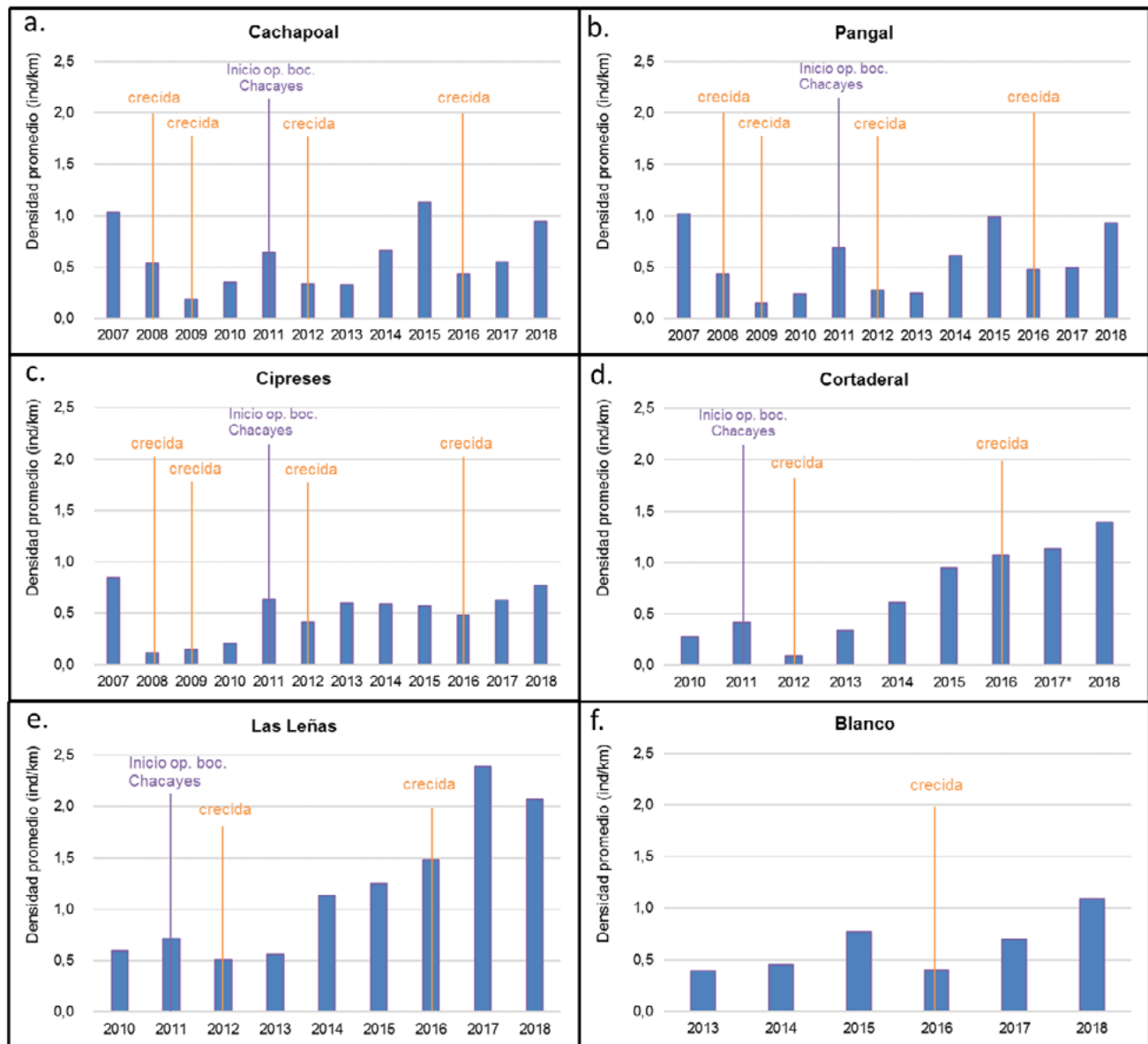


Figura 16. Densidad promedio anual de patos cortacorrientes por río en la Cuenca del Cachapoal. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

*El año 2017, el promedio anual para el río Cortaderal no consideró muestreos para los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre, en los que no se pudo acceder a la cuenca por motivos de seguridad. La única medida disponible, luego de un derrumbe que obstruyó el desagüe superficial de la laguna Pejerreyes, y que implicó un cambio considerable en la cuenca, es la del mes de octubre. En esa oportunidad se cuantificó una densidad en extremo baja, atribuible a cambios considerables en el caudal y régimen sedimentológico del río por el derrumbe, además de la realización de trabajos en el cauce por la construcción de la central "Cipresito". Por ello, se considera altamente posible que el promedio anual "real" (i.e. considerando las medidas de los doce meses) haya sido bastante más bajo que el que se observa en la figura, debido a que no incluye mediciones para cinco meses en que probablemente se habría obtenido conteos bajos.

Tabla 5. Variación de la densidad promedio anual de patos cortacorrientes en los períodos entre crecidas, distinguiendo entre ríos que no evidenciaron una tendencia clara al alza o disminución de la densidad de la especie (Cachapoal, Pangal, Cipreses y Blanco), y aquellos que evidenciaron una tendencia al alza (Cortaderal y Las Leñas).

Período entre crecidas	Año	Variación de densidad con respecto al año anterior					
		Ríos sin tendencia a alza o disminución				Ríos sin tendencia al alza	
		Cachapoal	Pangal	Cipreses	Blanco	Cortaderal	Las Leñas
Recuperación crecidas 2008 y 2009	2010	89,3%	70,9%	40,0%	N/A	N/A	N/A
	2011	84,6%	166,6%	214,3%	N/A	64,6%	19,1%
	Promedio	87,0%	118,8%	127,2%	N/A	64,6%	19,1%
Recuperación crecida 2012	2013	1,9%	-10,7%	43,1%	N/A	361,5%	10,0%
	2014	102,3%	149,7%	19,5%	14,9%	77,0%	103,3%
	2015	68,8%	63,3%	-5,5%	70,9%	56,1%	10,0%
	Promedio	56,4%	67,4%	19,0%	42,9%	164,9%	41,1%
Recuperación crecida 2016	2017	27,4%	8,4%	38,8%	72,0%	5,4%	61,7%
	2018	70,1%	90,7%	19,1%	56,3%	23,2%	-13,1%
	Promedio	48,8%	49,6%	29,0%	64,2%	14,3%	24,3%
Totales agregados	Promedio	62,9%	77,0%	52,8%	53,5%	98,0%	31,8%
	D.E.	37,1%	66,0%	73,2%	26,7%	131,8%	42,7%

N/A: No aplica, no había comenzado el monitoreo en esos ríos en ese período.

Ambos ríos destacaron por no evidenciar una disminución importante en el promedio anual con posterioridad a la crecida de 2016, y por presentar en el año 2018 los máximos históricos de densidad promedio anual para todos los ríos evaluados. Los ríos Las Leñas y Cortaderal tienen condiciones particulares que podrían representar hábitat de muy buena calidad para el pato cortacorrientes, como son la ausencia

de intervención humana importante y que tienen un sistema natural de regulación de caudal y contención de sedimentos a través de lagunas en su parte superior. Sin embargo, estas condiciones no parecieron haber cambiado durante el período de estudio. Por ello, no logramos tener explicaciones tentativas para el aumento sostenido y desproporcionado de la densidad de patos respecto de otros ríos.



Vista de la laguna Pejerreyes en el curso del río Cortaderal. Esta laguna, al igual que la laguna El Yeso, en el curso del río Las Leñas, retienen sedimentos, desaguando aguas más claras, lo que puede estar contribuyendo a la elevada abundancia de patos cortacorrientes en ambos ríos.

Por otra parte, en los ríos Las Leñas y Cortaderal se registró una situación destacable en 2017. En efecto, en julio de 2017, el río Cortaderal se vio afectado por la obstrucción del desagüe superficial de la laguna Pejerreyes debido a un deslizamiento masivo de tierra desde una ladera. Esto alteró la hidrología del río en todo el tramo monitoreado, afectando negativamente su calidad como hábitat para pato cortacorrientes,

tanto por una importante baja del caudal y velocidad del agua, como por un notorio aumento del sedimento. Así, en vez de un desagüe superficial de agua cristalina, el tramo de río monitoreado comenzaba a partir de una filtración en la base de la obstrucción y con abundante arrastre de sedimento. Desafortunadamente no había datos en la Dirección General de Aguas que permitieran cuantificar el efecto del fenómeno sobre el caudal del

río Cortaderal. De forma paralela, también en julio de 2017, comenzaron los trabajos en el cauce del río, en el sector Cipresillos, como parte de la construcción de la “Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Cipresillos”. Estos trabajos involucraron el tránsito de maquinaria, la construcción de un puente y la extracción de áridos desde la ribera del río Cortaderal, lo que provocó una alteración de su curso habitual. La sección del río afectada por el derrumbe y por las obras de la central se había caracterizado por la presencia recurrente y abundante de patos. Por razones de seguridad ante la eventual apertura violenta de la obstrucción del río Cortaderal, entre agosto de 2017 y febrero de 2018, no pudimos realizar monitoreos en dicha cuenca. En este período, sólo pudimos acceder al río Cortaderal en el mes de octubre de 2017, observando una densidad de 0,5 ind./km, valor que representó un 17% menos que el promedio histórico para octubre y un 63% menos que el promedio para dicho mes en los años 2015 y 2016. En marzo de 2018, aún observábamos valores relativamente bajos de densidad, y recién en abril de 2018 observamos una recuperación, acercándose a los valores que veníamos observando antes del derrumbe.

Al mismo tiempo, durante 2017, registramos un aumento sin precedente en la densidad promedio anual de pato cortacorrientes en el río Las Leñas,

pasando de 1,5 ind./km en 2016 a 2,4 ind./km en 2017. Esto representó un aumento del 62% respecto de 2016, una de las mayores alzas registradas durante nuestro estudio. Esta alza en el río Las Leñas se observó a partir de agosto de 2017, coincidiendo con el deterioro del río Cortaderal debido al derrumbe en julio de 2017. Aunque el río Las Leñas evidenciaba una clara tendencia al alza en la densidad de patos desde el 2013, en agosto de 2017 esta alza fue extrema, llegando a 3,5 ind./km, el valor más alto registrado durante todo el monitoreo de los ríos principales. Esta alza inusual en el río Las Leñas se mantuvo aproximadamente hasta abril de 2018, cuando se normalizaron las densidades en el río Cortaderal. Un fenómeno similar lo observamos en el río Cipreses, el que también presentó un alza importante en la densidad en el mismo período, coincidiendo también con la perturbación del río Cortaderal. Cabe señalar que las desembocaduras de los ríos Las Leñas y Cipreses en el río Cachapoal se encuentran relativamente cerca de la desembocadura del río Cortaderal en el río Cachapoal. Esta alza no la observamos en los ríos Cachapoal, Pangal y Blanco. En la Figura 17 presentamos las densidades registradas para cada río en 2017 y 2018, con respecto al promedio histórico mensual para cada mes.

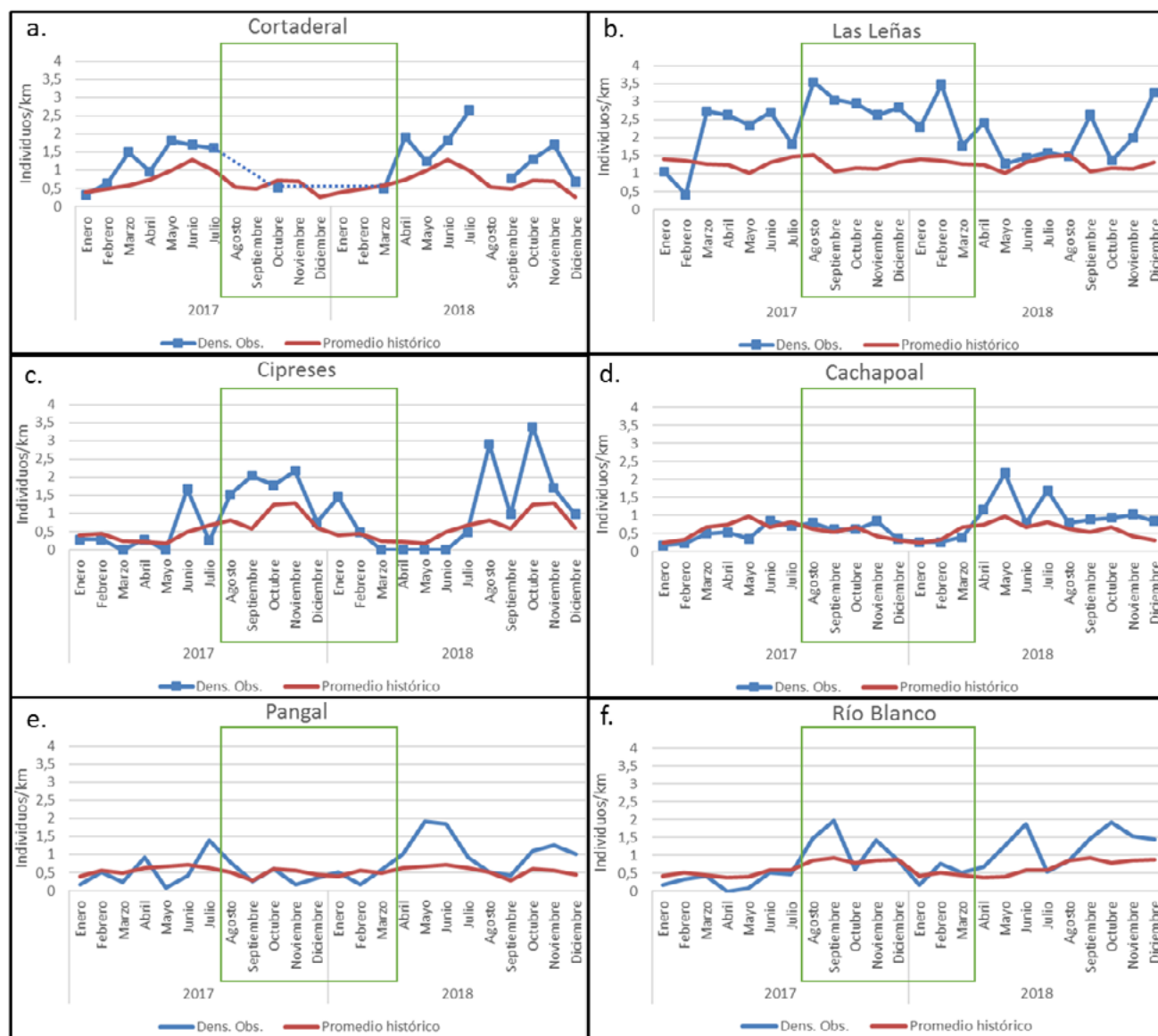


Figura 17. Variación de la densidad de patos cortacorrientes en los ríos en 2017 y 2018 con respecto al promedio histórico para cada mes. En el recuadro verde se destaca el período en que se observó una potencial afectación del río Cortaderal por su obstrucción en julio de 2017 (recuadro "a"), lo que coincidió con alzas importantes de densidad, con respecto a su promedio histórico, en los ríos Las Leñas (recuadro b) y Cipreses (recuadro c). En los ríos Cachapoal, Pangal y Blanco (recuadros d al f), no se observó variación importante en el período con respecto a los promedios históricos.

54 El pato cortacorrientes

El río Cipresitos, cuya desembocadura en el río Cachapoal también se encuentra cerca de la desembocadura del río Cortaderal en el río Cachapoal, el cual muestreamos como parte del monitoreo extendido trimestral, y cuyos resultados presentamos más adelante, también evidenció un alza atípica en la campaña siguiente al derrumbe en el Cortaderal, en septiembre de 2017.

Todo lo descrito parecía evidenciar el movimiento de patos a través de los ríos, desde el Cortaderal, hacia los ríos Las Leñas, Cipreses y Cipresitos, como un mecanismo adaptativo frente al derrumbe producido en la cuenca del río Cortaderal.



Luego de un derrumbe en el río Cortaderal en 2017, lo que deterioró temporalmente su calidad como hábitat para el pato cortacorrientes, se produjo un importante movimiento de patos desde el Cortaderal, hacia los ríos vecinos, como Las Leñas, Cipreses y Cipresitos. En la imagen vista invernal del estero Cipresitos.

Resiliencia a las crecidas

Para evaluar la sensibilidad de la población de patos cortacorrientes a las crecidas, comparamos la densidad promedio anual el año de la crecida respecto del año anterior, lo que dio cuenta de eventuales diferencias entre ríos en la magnitud de la caída poblacional. Luego, para evaluar la capacidad de recuperación en cada río, comparamos la densidad promedio anual de patos un año después de la crecida respecto del año anterior a esta. Consideramos las crecidas de los años 2012 y 2016, excluyendo las de los años 2008 y 2009, ya que estas ocurrieron en años sucesivos, lo que pudo haber alterado las métricas consideradas en este análisis (Tabla 6).

Tabla 6. Variación de la densidad promedio anual de patos cortacorrientes en los ríos luego de las crecidas.

a. Suceptibilidad a crecidas

Variación porcentual entre el año de ocurrencia de crecidas con respecto al año anterior

	Cachapoal	Pangal	Cipreses	Cortaderal	Las Leñas	Blanco
Crecida 2012	-49%	-60%	-45%	-82%	-29%	
Crecida 2016	-61%	-55%	-17%	13%	18%	-47%
Promedio	-55%	-57%	-31%	-35%	-5%	-47%

a. Recuperación post-crecida

Variación porcentual entre el año después de la crecida con respecto al año anterior a la misma

	Cachapoal	Pangal	Cipreses	Cortaderal	Las Leñas	Blanco
Crecida 2012	-50%	-64%	-22%	-18%	-22%	
Crecida 2016	-51%	-51%	15%	19%	91%	-9%
Promedio	-50%	-57%	-3%	1%	35%	-9%

56 El pato cortacorrientes

En el río Las Leñas registramos la menor reducción promedio de densidad de patos, la que llegó a un 5% el año de las crecidas. Luego registramos un aumento promedio de densidad del 35% el año siguiente a la crecida respecto a los valores de referencia del año anterior a esta.

Le siguieron los ríos Cortaderal y Cipreses, experimentando reducciones de densidad del orden del 30% como consecuencia de las crecidas, y con recuperaciones al año siguiente a niveles de densidad similares a los que había previo a la crecida.

Los ríos Cachapoal y Pangal mostraron los mayores efectos como consecuencia de las crecidas, con

reducciones del 50% en su densidad promedio de patos en el año de crecida, y recuperaciones más lentas. Ambos ríos presentan bocatomas en sus cauces e intervención de su caudal, y se encuentran en las zonas bajas de la cuenca, recibiendo grandes volúmenes de agua a partir de sus tributarios. Por ejemplo, el río Cachapoal recibe los aportes de Las Leñas, Cortaderal y Cipreses, mientras que el Pangal recibe los aportes de los ríos Blanco y Paredones. Por tanto, el aumento de caudal en los ríos Cachapoal y Pangal, con grandes hoyas hidrográficas aportantes, es mucho mayor que en ríos ubicados más cerca de las cabeceras, y por tanto el efecto de las crecidas sobre la estructura de sus lechos y sobre el pato cortacorrientes fue mucho mayor.



Las grandes y repentinas crecidas de los ríos, especialmente las asociadas a lluvias torrenciales ocasionales a gran altura durante el otoño, pueden causar efectos catastróficos sobre la población de patos cortacorrientes como consecuencia de la remoción de rocas, el arrastre de sedimentos y la consecuente falta de alimento.

Por el contrario, los ríos en que registramos mayor resiliencia a los efectos de las crecidas (Las Leñas, Cortaderal y Cipreses), presentan escasa intervención humana de su caudal y se ubican en los tramos superiores de la cuenca, recibiendo menos aportes de escorrentía superficial y mayor aporte de agua en forma de nieve durante los temporales que generan las crecidas otoñales. Además, los ríos Las Leñas y Cortaderal presentan lagunas en la parte superior de los tramos monitoreados -lagunas El Yeso y Pejerreyes respectivamente- las que regulan de forma natural sus caudales y el aporte de sedimentos, lo que podría haber atenuado el efecto de las crecidas. Esta situación es especialmente evidente en el río Las Leñas, cuyas aguas son claras (con poco sedimento) todo el año, desaguando desde la laguna El Yeso de forma subterránea y cristalina en los llamados borbollones.

Durante la crecida de 2012 se produjo además un gran deslizamiento en una de las laderas que flanquea el río Cortaderal, lo que pudo contribuir a la gran disminución en la densidad promedio anual (-82%), aunque luego tuvo una rápida recuperación. Posteriormente, un deslizamiento en 2017 en la misma cuenca del Cortaderal, sin crecida asociada, bloqueó el curso normal del río, y nuevamente generó una disminución de la densidad y una rápida recuperación. Por tanto, en el río Cortaderal se dio una marcada resiliencia a las crecidas, a pesar del impacto que pueden haber generado los deslizamientos en las laderas, cuya frecuencia se denota por numerosas evidencias de derrumbes recientes. Estos eventos

constituirían perturbaciones similares a las crecidas por su efecto local sobre la densidad de pato cortacorrientes, y de ocurrir de manera simultánea una crecidas y derrumbes, posiblemente generen un efecto aditivo negativo sobre la población. Destaca la rápida recuperación de los niveles de densidad, en la medida que se restituyen las condiciones normales de caudal y disponibilidad de alimento.

Desconocemos qué variables podrían condicionar la velocidad de recuperación de los ríos a las crecidas. La presencia de bocatomas no debiera tener efecto sobre la recuperación de la densidad de patos, ya que, si bien las bocatomas alteran el caudal y disminuyen la densidad de patos aguas abajo de estas, esta condición se mantiene antes y después de la crecida, y no debiese alterar el sistema aguas arriba de las mismas. Como se señaló anteriormente, posiblemente la resiliencia de los ríos estaría asociada a su posición en la cuenca y por tanto al tamaño de la hoya hidrográfica aportante, lo que definiría la magnitud de las crecidas y la perturbación asociada. Además, incidiría la existencia de elementos de regulación del caudal, los que podrían atenuar el efecto de las crecidas, como ocurre con las lagunas El Yeso y Pejerreyes.

Patrón intra anual de variación de la densidad de pato cortacorrientes

Los distintos ríos presentaron diferencias en sus patrones intra anuales de variación de la densidad de pato cortacorrientes (Figura 18, recuadro “a”; Figura 19). En términos generales, observamos tres patrones. El primero se evidenció en los ríos Cachapoal y Cortaderal, con densidades sustancialmente mayores en otoño e invierno. Estos ríos, con tramos ubicados en la zona más baja de la cuenca, fueron hábitat principalmente invernal, utilizados en mayor medida durante el período de estiaje. Un segundo patrón se registró en los ríos Pangal y Las Leñas, los que no presentaron grandes variaciones en la densidad entre las distintas estaciones del año. Estos ríos fueron utilizados de manera indistinta a lo largo del año. Finalmente, en los ríos Cipreses y Blanco, observamos

densidades mayores en invierno y primavera, mientras que en verano y otoño registramos respectivamente, un nivel de densidad similar y sustancialmente más bajo que los máximos de primavera.

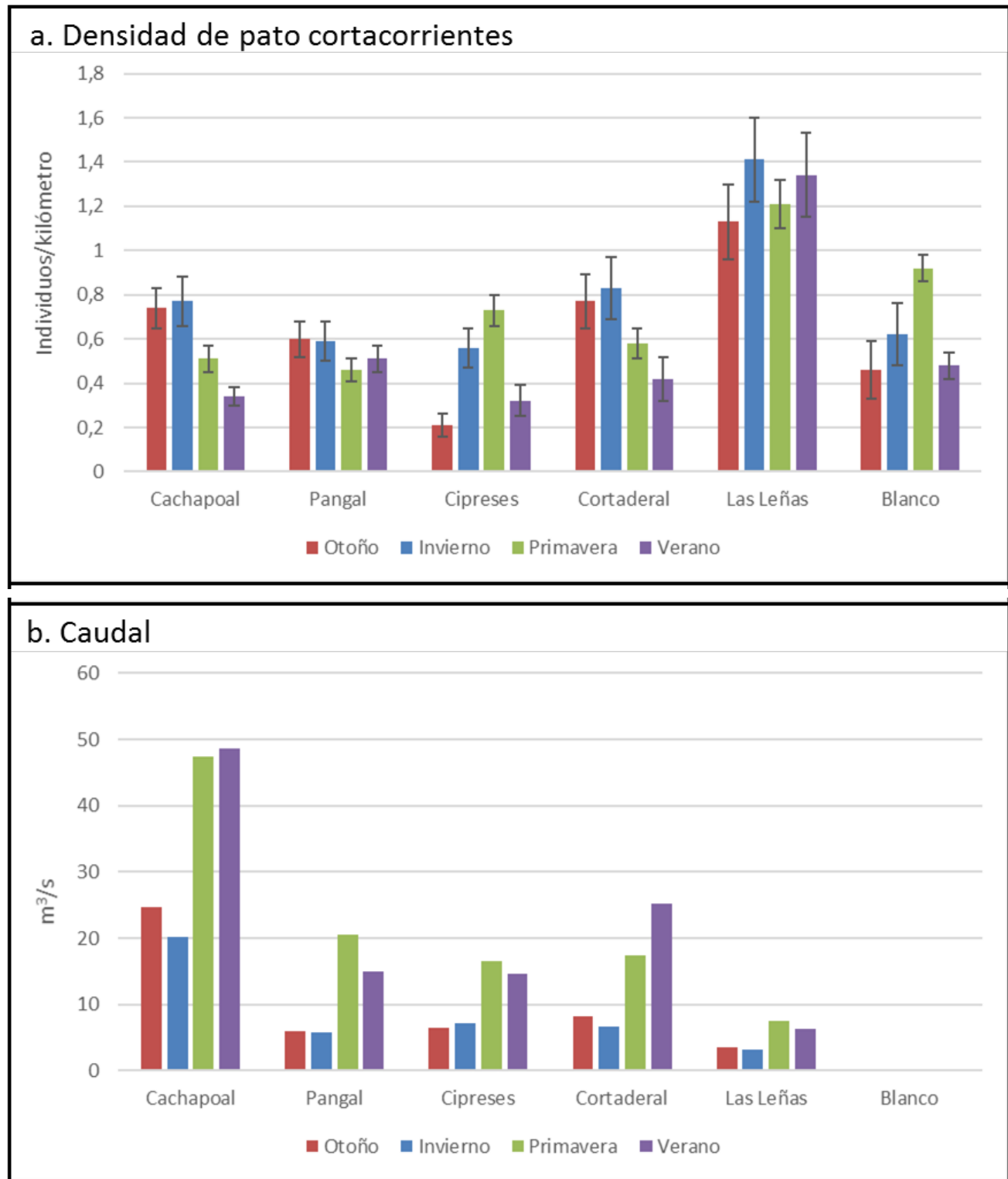


Figura 18. Patrón de variación de la densidad promedio estacional de patos cortacorrientes (a), y del caudal promedio estacional (b), en los ríos principales de la cuenca del Cachapoal. * No hay datos de caudal para el río Blanco.

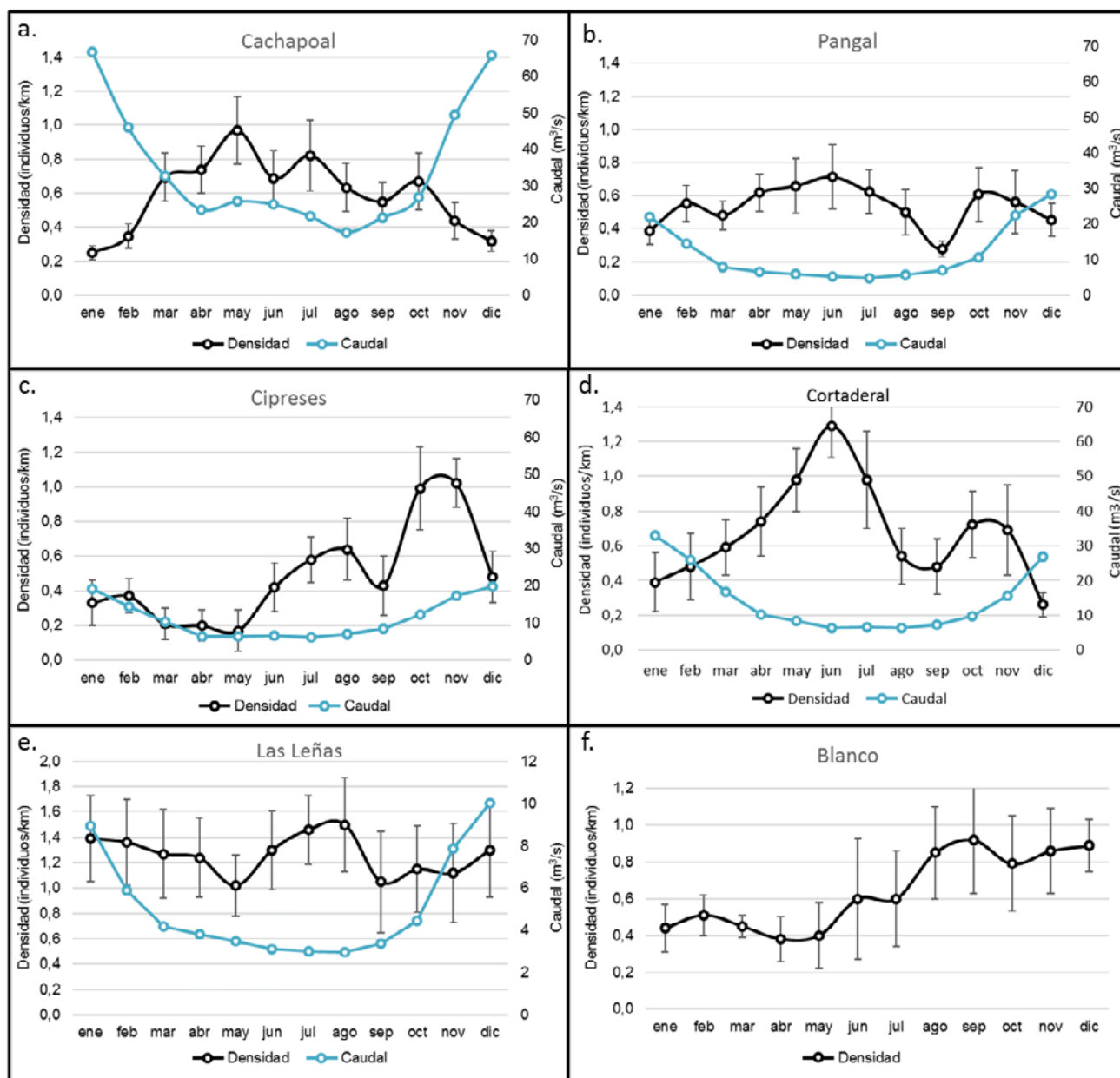


Figura 19. Densidad promedio mensual de patos cortacorrientes $\pm$ 1 error estándar y promedio mensual del caudal en los ríos principales de la cuenca del Cachapoal. Se considera todos los recuentos mensuales disponibles para cada río entre enero de 2007 y diciembre de 2018.

Zonas de reproducción

Consideramos como “pollos” a los patos de hasta 1 o 2 meses de edad. Durante esta etapa de desarrollo, presentaban una baja movilidad, resultando muy probable que su avistamiento haya ocurrido cerca del nido. Por ello, a partir del avistamiento de pollos, inferimos actividad de reproducción en un determinado tramo de río.

En el río Cachapoal, observamos evidencia de reproducción regular de patos, con registro de pollos en el 73% de las temporadas reproductivas (Figura 20), aunque las densidades de pollos por temporada reproductiva fueron relativamente bajas, con un

promedio de 0,04 pollos/km. Le siguió el río Las Leñas, con registro de pollos en el 56% de las temporadas reproductivas y con una densidad promedio de 0,07 pollos/km, la más alta registrada. Los ríos Pangal y Blanco presentaron situaciones parecidas entre sí, con evidencia de reproducción en el 55% y 50% de las temporadas, respectivamente, y con densidad promedio de pollos de 0,03 individuos/km cada uno.

En el río Cipreses observamos presencia de pollos en el 45% de las temporadas reproductivas y una densidad promedio de 0,04 pollos/km. Finalmente, en el río Cortaderal registramos presencia de pollos tan solo en el 37% de las temporadas reproductivas, con un promedio de 0,03 pollos/km (Figura 20).

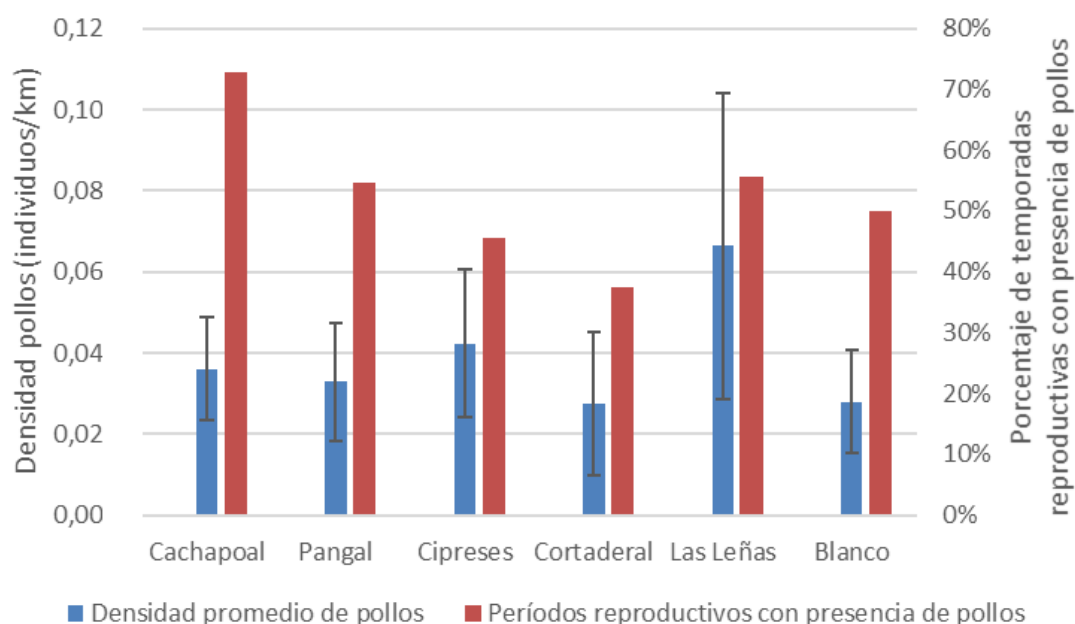


Figura 20. Actividad reproductiva de pato cortacorrientes en los ríos principales, considerando las temporadas reproductivas cubiertas completas durante el monitoreo. Por ello se excluyó las temporadas 2006-2007 y 2018-2019, las que fueron cubiertas parcialmente, entre enero y marzo en el primer caso, y entre agosto y diciembre en el segundo. En barras se presenta el error estándar de la media.



La presencia de patos cortacorrientes en estado de desarrollo temprano (pollos), indica reproducción en las cercanías. Los ríos Cachapoal y Las Leñas destacaron por la regularidad de la actividad reproductiva el primero y por la densidad de pollos registrados en el segundo.

Otro aspecto que analizamos fue la variación entre años de la actividad reproductiva en los diferentes ríos. En los ríos Cachapoal y Pangal hubo actividad reproductiva sin una tendencia clara, con oscilaciones asociadas a las crecidas, las que generaron marcadas caídas temporales de la actividad reproductiva (Figura 21). En cambio, los ríos Cipreses, Las Leñas y Cortaderal, presentaron un importante incremento de la actividad reproductiva desde la temporada 2013-2014, siendo particularmente marcado en el río Las Leñas. No nos resulta clara la causa de este incremento, pues no observamos una relación evidente con las variables consideradas en el monitoreo.

Cabe señalar -tal como indicamos en los acápites precedentes- que la actividad reproductiva en los ríos Las Leñas y Cortaderal durante el período 2017-2018 estuvo influida por la obstrucción del desagüe superficial de la laguna Pejerreyes en la cuenca del río Cortaderal en julio de 2017. Este evento deterioró las condiciones del río Cortaderal, lo que generó su abandono temporal, y el aparente movimiento de patos hacia el río Las Leñas, aledaño al río Cortaderal. Ello pudo influir en el alza sin precedentes en la

densidad de pollos en el río Las Leñas (Figura 21), atribuible a la inmigración de reproductores desde el río Cortaderal. En efecto, durante el período 2017-2018, en el río Las Leñas registramos una densidad promedio de pollos de 0,35 individuos/km. Ello representó un alza del 195% respecto al promedio de la temporada anterior (0,12 pollos/km) y fue 2,4 veces más alto que el máximo registrado previamente en cualquier río, el que fue de 0,14 pollos/km en el río Cachapoal durante la temporada 2007-2008. Observamos también un alto error estándar de la densidad promedio de pollos en el río Las Leñas (0,04 pollos/km), el que superó con creces el error estándar de los otros ríos (Figura 20). Por su parte, en el río Cortaderal, donde veníamos observando un claro incremento en la actividad reproductiva (Figura 21), ocurrió un vacío de datos en 2017 por problemas de acceso. Sin embargo, los pocos datos disponibles sugirieron una escasa actividad reproductiva, pues en la visita del mes de octubre de 2018, mes con la máxima abundancia histórica de pollos, estos no se observaron en el río Cortaderal, a pesar de registrarse adultos, aunque en baja densidad.

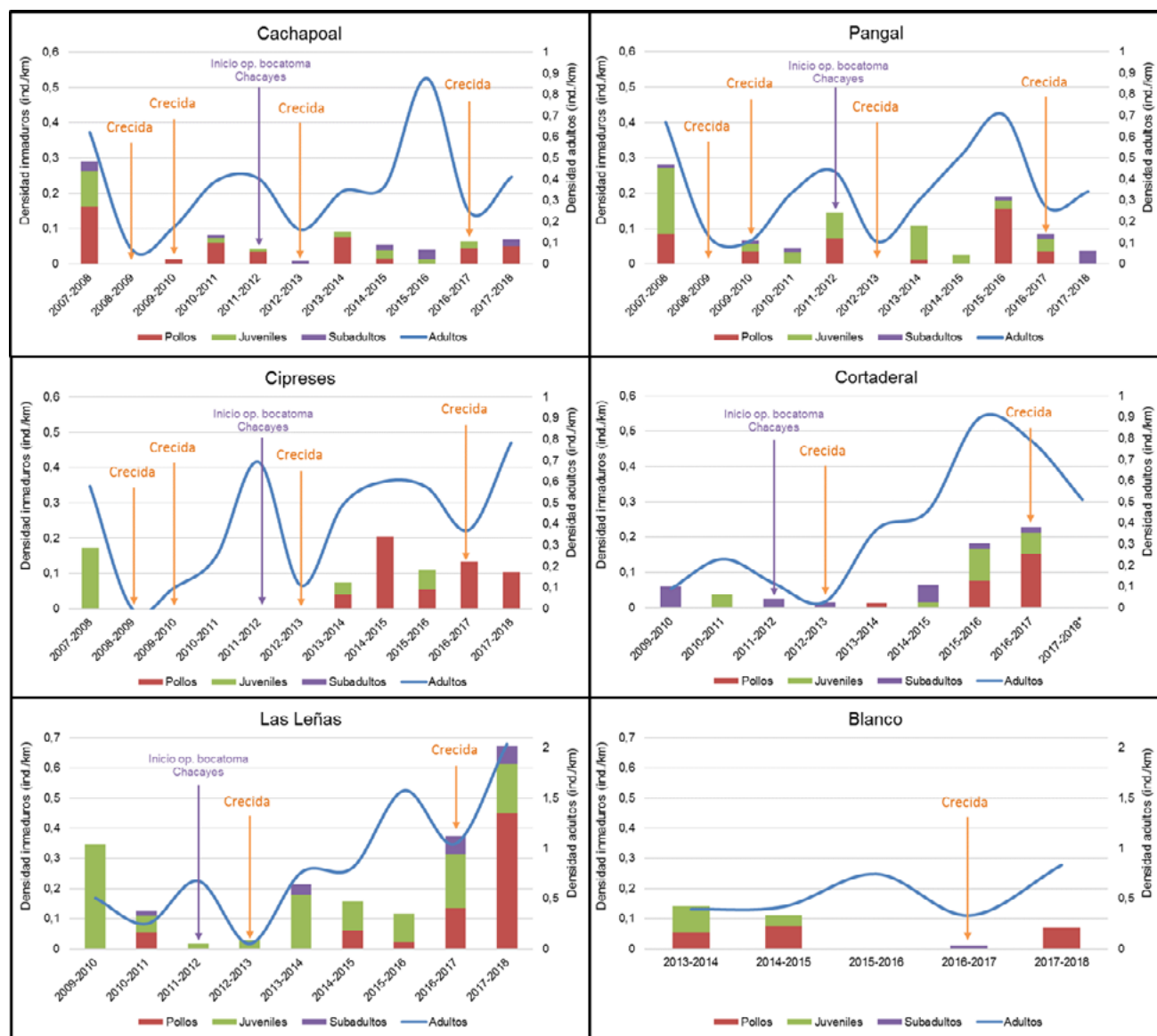


Figura 21. Presencia de estados inmaduros de pato cortacorrientes en los ríos principales monitoreados, considerando aquellas temporadas reproductivas cubiertas de manera íntegra durante el estudio. * El acceso al río Cortaderal fue limitado en la temporada 2017-2018 debido a consideraciones de seguridad luego de que ocurriera un deslizamiento de proporciones, por lo que se desconoce si hubo presencia de pollos y no se considera para las estadísticas que se presentan.

Otro aspecto de interés fue la extensión y el momento de ocurrencia de la temporada reproductiva en los distintos ríos. En la medida que aumentó la altitud de los ríos monitoreados (Figura 22), la aparición y el máximo

de pollos se atrasó, desplazando las curvas hacia la derecha (Figura 23). Este es un fenómeno común en aves, las que retrasan su fenología reproductiva al aumentar la altitud.

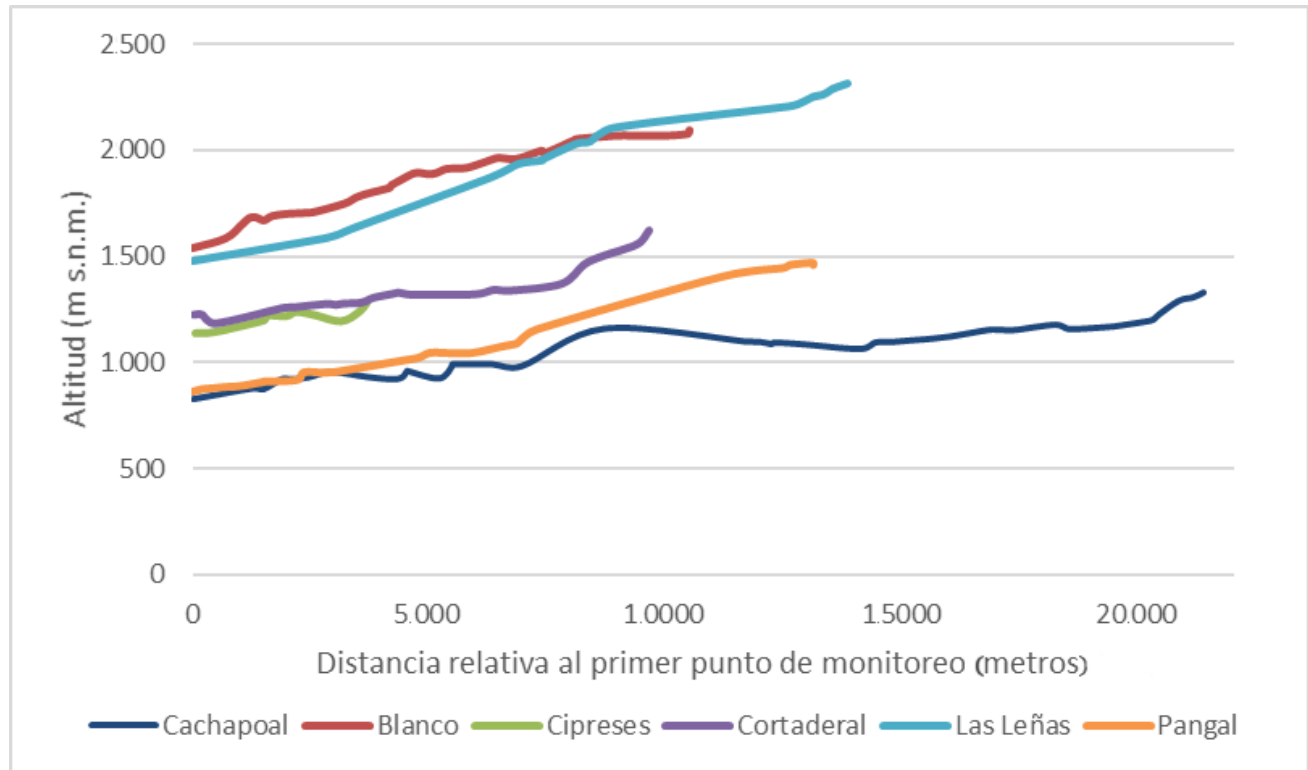


Figura 22. Perfil altitudinal de las cuencas monitoreadas, según la altitud de los puntos de muestreo.

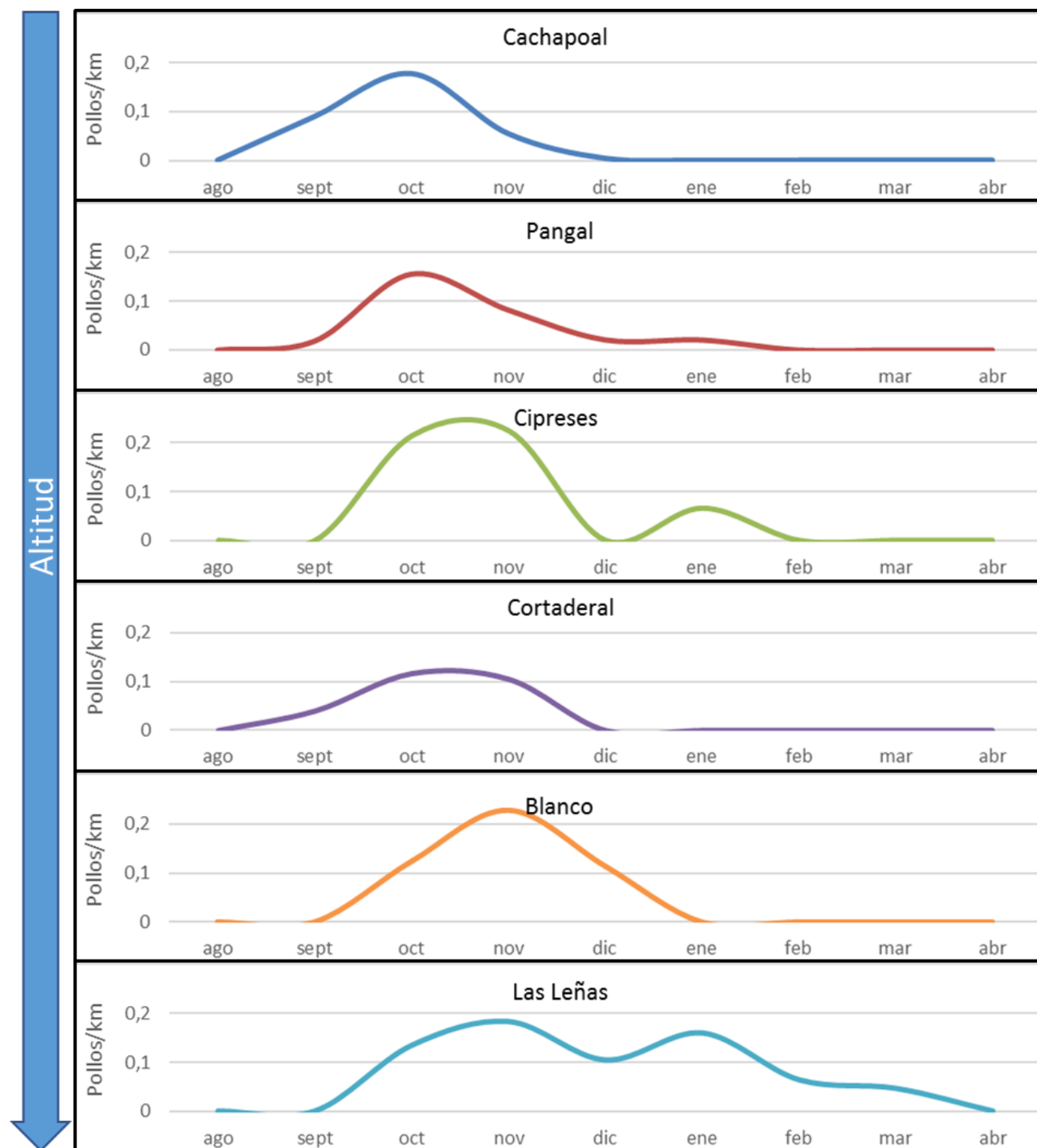


Figura 23. Densidad promedio mensual de pollos de patos cortacorrientes en los ríos principales, en orden creciente de altitud. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

Proporción de sexos

En las distintas escalas espacial y temporal de análisis, en general observamos una proporción de machos algo superior a la de hembras. Efectivamente, agrupando los resultados, observamos una relación general de

1,28 machos por hembra, con cierta variación a nivel de cada río, con un rango entre 1,01 y 1,50 machos por hembra en los ríos Cipreses y Pangal, respectivamente (Figura 24).

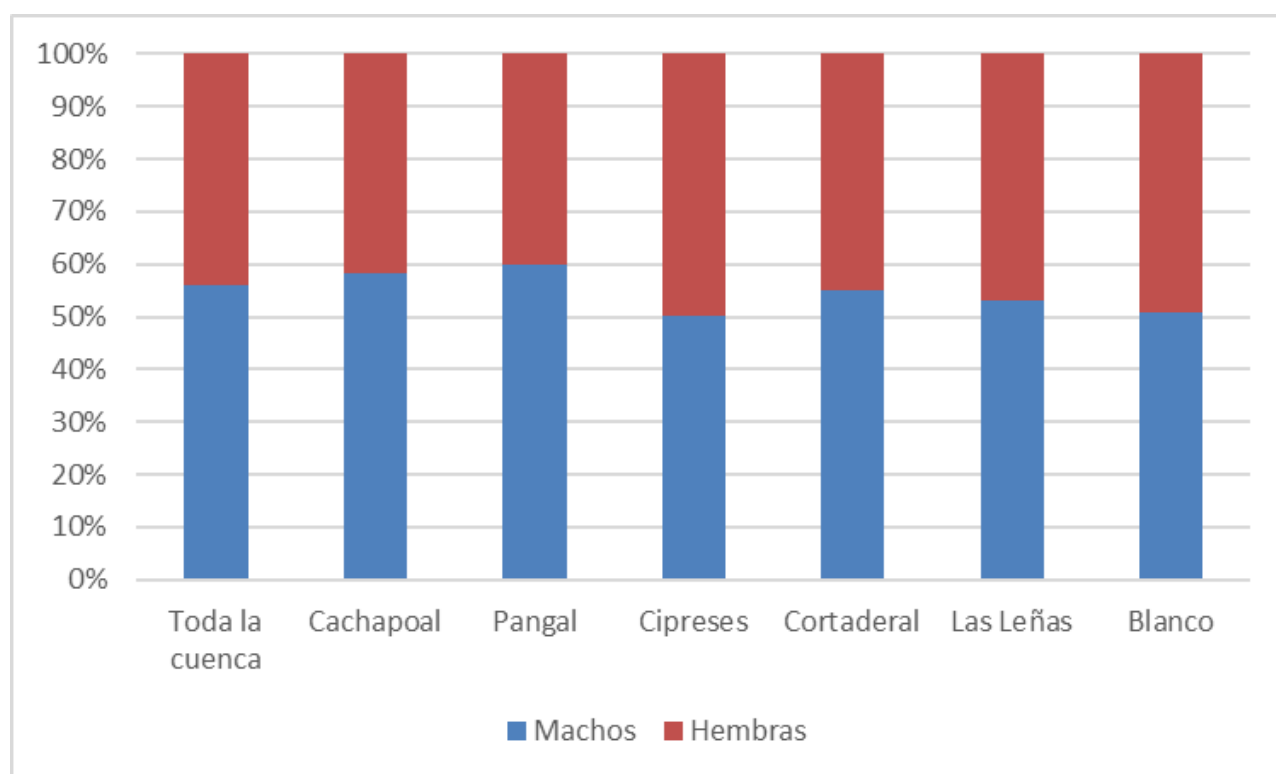


Figura 24. Proporción de sexos agregada de pato cortacorrientes a nivel de toda la cuenca y para cada uno de los ríos principales. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

Tanto el agregado como los ríos de forma individual, presentaron resultados con cierta variación estacional, con una mayor proporción de machos en otoño,

invierno y primavera, y proporciones casi idénticas en verano (Figura 25).

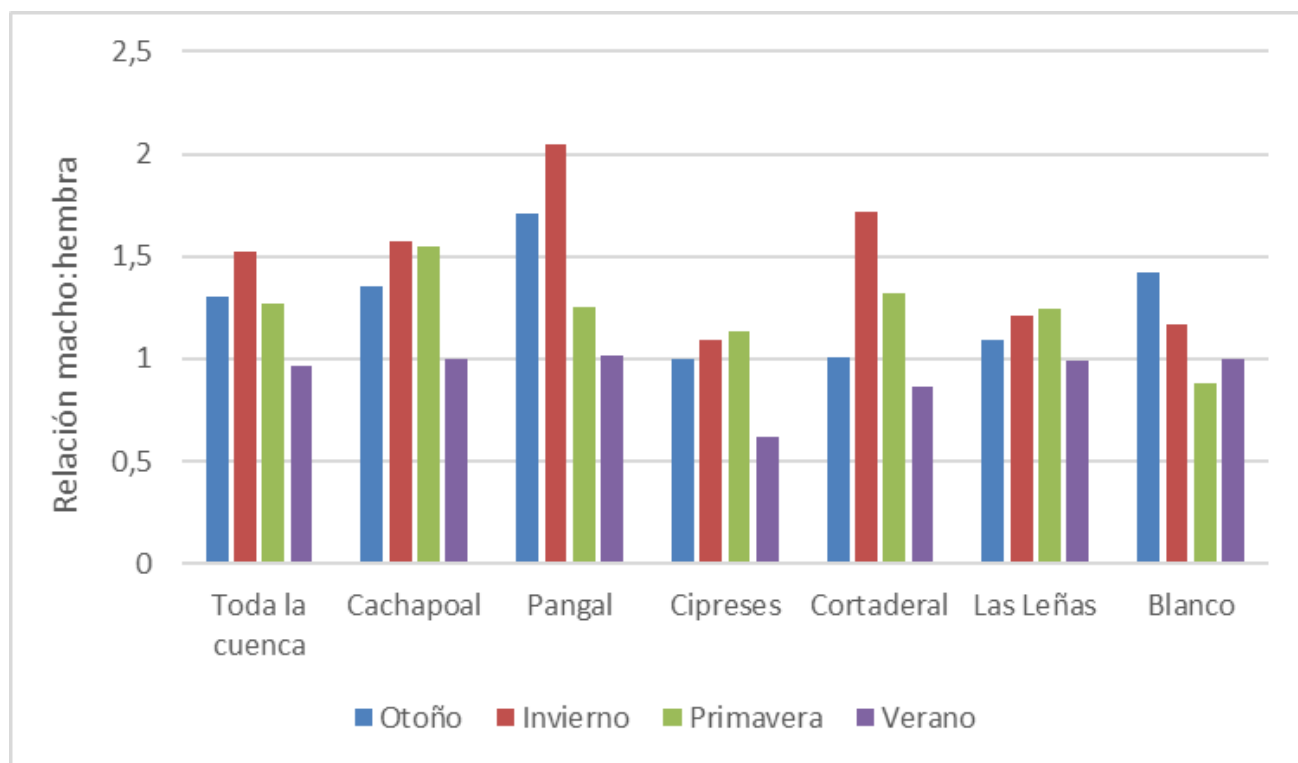


Figura 25. Relación macho:hembra de pato cortacorrientes agregando los conteos por estación del año en los ríos principales. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

El patrón de variación interanual en la proporción de sexos, tanto si consideráramos el total de la cuenca (Figura 26), de sexos, fue relativamente estable, tanto si como para cada río de forma individual (Figura 27).

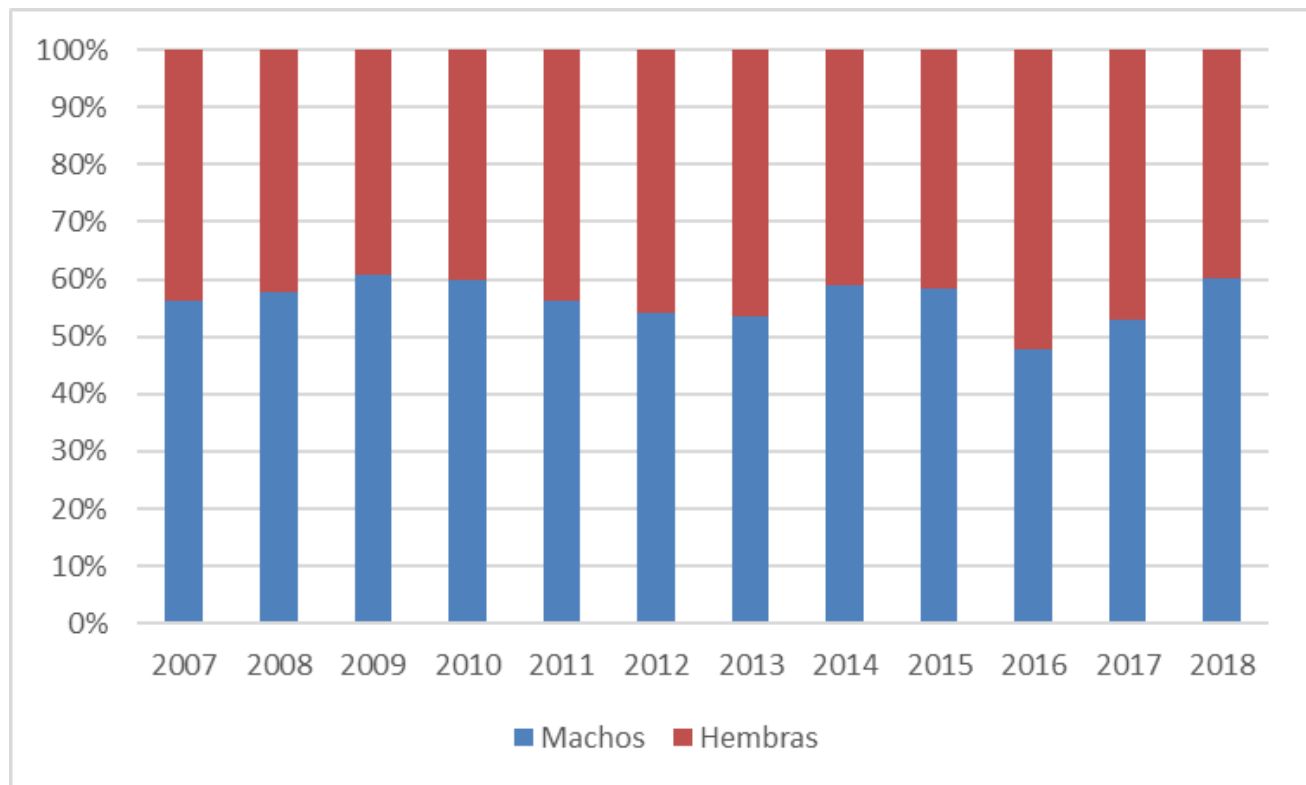


Figura 26. Variación interanual en la proporción de sexos de pato cortacorrientes en la cuenca del Cachapoal. Período enero de 2007 a diciembre de 2018.

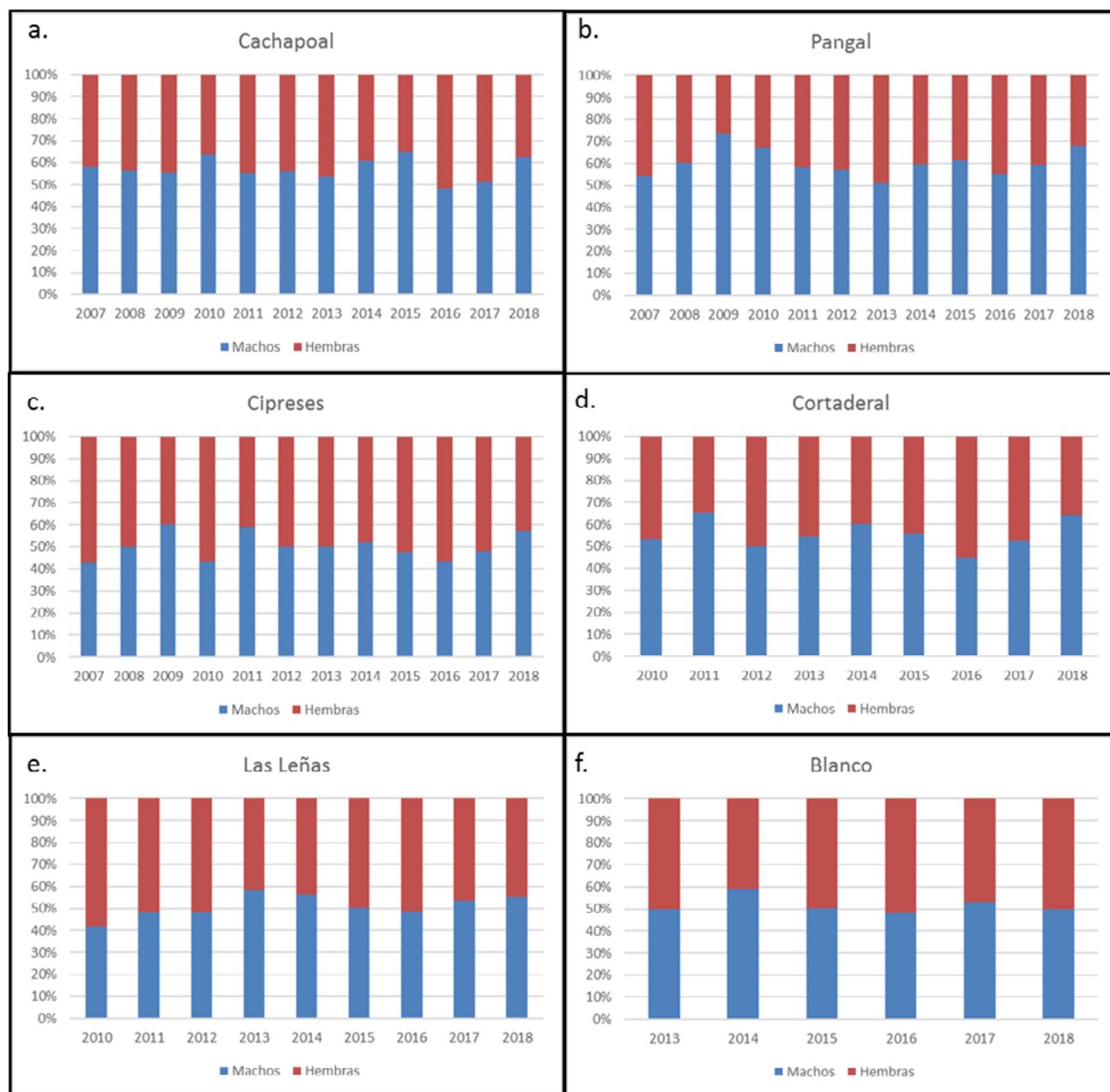


Figura 27. Variación interanual en la proporción de sexos de pato cortacorrientes en cada río principal monitoreado.

Por su parte, el patrón intra anual agregado de variación en la proporción de sexos, coherente con un aparente efecto estacional (Figura 25), presentó mayores sesgos hacia los machos entre abril y octubre (Figura 28), mientras que entre noviembre y marzo se observó proporciones más balanceadas, coincidiendo aproximadamente con el período reproductivo. No obstante, durante agosto, septiembre y octubre, meses que forman parte del período reproductivo y

concentran la incubación, posiblemente introdujeron un sesgo a favor de los machos, pues las hembras pasan una proporción importante de tiempo ocultas incubando en los nidos. Así, en la temporada eminentemente reproductiva, excluyendo los meses con posible sesgo conductual asociado a la incubación por parte de las hembras, se observó una proporción casi 1:1.

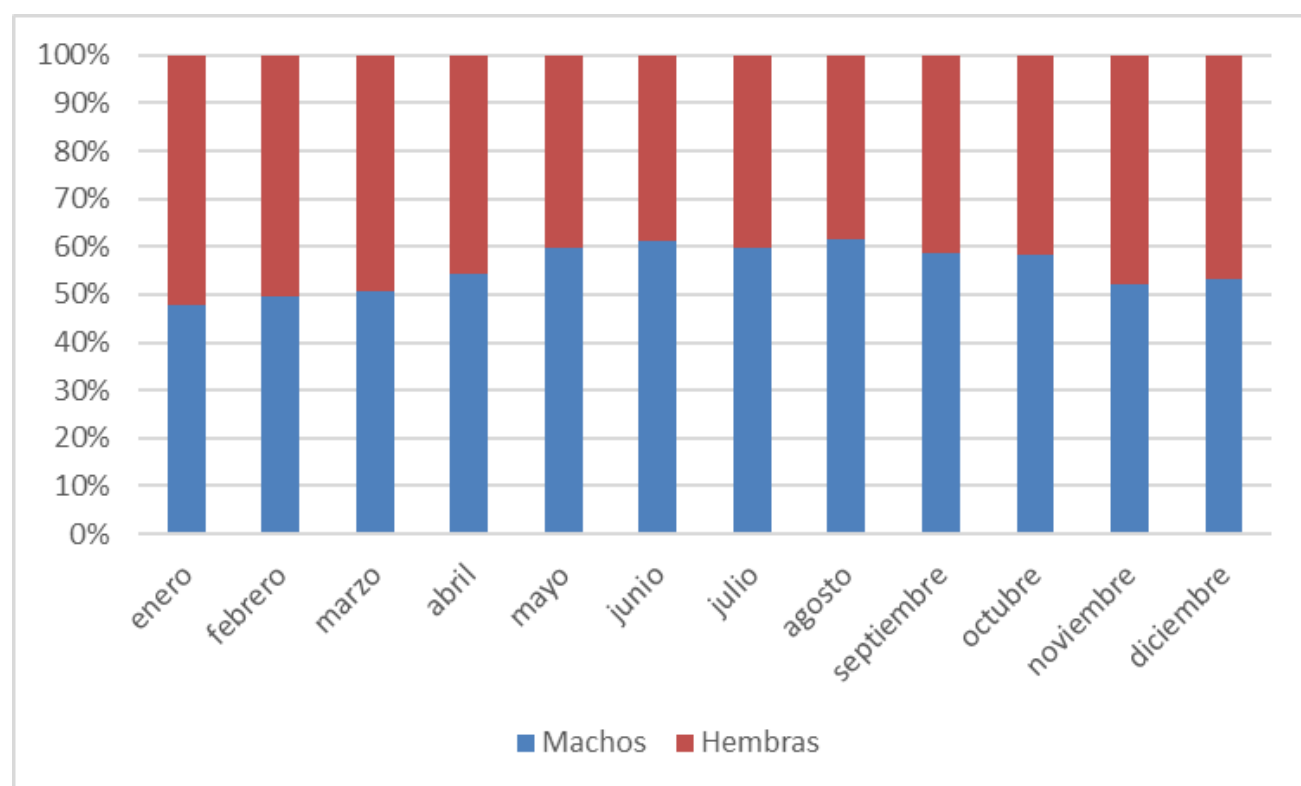


Figura 28. Agregado mensual de la proporción de sexos de pato cortacorrientes para la cuenca del Cachapoal entre enero de 2007 y diciembre de 2018.

72 El pato cortacorrientes

Cabe señalar que, independiente de la época del año, los machos tendían a ser más detectables que las hembras. Su color blanco es contrastante con la coloración del río y las piedras, además de presentar una conducta más conspicua, exponiéndose con

frecuencia erguidos sobre las rocas isla en actitud de vigilancia. Las hembras en cambio, tienen una coloración más discreta y solían observarse descansando en pequeñas cavidades y recovecos sombríos, donde su detección era más difícil.



Aunque tendió a registrarse más machos que hembras, este aparente desbalance podría haber sido consecuencia de una probabilidad de detección diferencial, lo que se asociaría a que los machos son más detectables por su coloración y por su conducta territorial, de vigilancia y de cortejo, lo que los expone más.

Los machos en otoño-invierno parecían agregarse y se exponían considerablemente más que las hembras, como parte de las conductas de vigilancia y/o despliegue reproductivo. Por su parte, las hembras aumentaron su proporción en verano, lo que sería atribuible a un aumento en su detectabilidad asociado al cuidado de los pollos, asumiendo mayor exposición, ya sea con fines de vigilancia o como parte de una conducta territorial más marcada. Otro elemento que podría haber condicionado una mayor detectabilidad de los machos, es que tuvieran una mayor tendencia

a participar en disputas territoriales, situación que ha sido reportada para Colombia, donde los machos tenderían a iniciar las conductas agresivas, mientras que las hembras sólo participarían al incrementarse su intensidad.

A partir de estos antecedentes, pudimos suponer que las desviaciones respecto de una proporción teórica 1:1, podrían haber sido producto de la probabilidad de detección diferencial asociada al dimorfismo sexual y a patrones de conducta diferentes entre sexos.

Relación de edades

Variación interanual en la relación de edades

Considerando todos los resultados agregados de todos los ríos principales monitoreados a lo largo del estudio, se tuvo que los adultos fueron la clase de edad más abundante, representando en promedio el 88% de los valores anuales de densidad, con un mínimo de

79% el año 2018 y un máximo de 92% el año 2009. Los inmaduros presentaron valores promedio cercanos al 4%, con un 4,5% de pollos, 4,1% de juveniles, y 3,7% de subadultos (Figura 29).

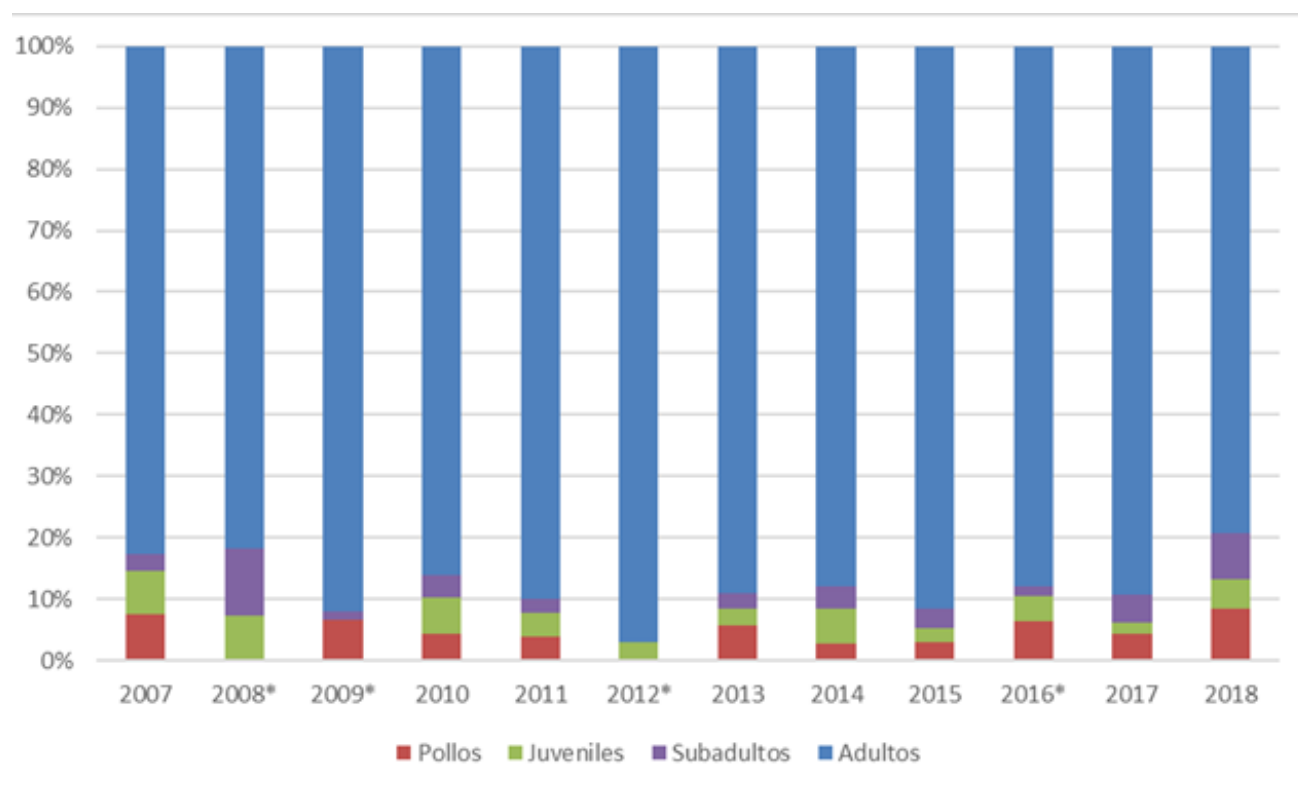


Figura 29. Relación de edades de pato cortacorrientes a lo largo del estudio, considerando los resultados agregados de todos los ríos monitoreados. Con asterisco (*) se indican los años en que ocurrieron crecidas.

Las proporciones anuales agregadas para todos los ríos, presentaron cierta variación a lo largo del monitoreo (Figura 29), pero no observamos cambios más allá de la variación natural esperable en todo proceso demográfico. Solo durante dos años no observamos presencia de pollos, en 2008 y 2012, los que coincidieron con la ocurrencia de crecidas. Los otros años afectados por crecidas (2009 y 2016) no presentaron una declinación importante en la proporción de inmaduros.

Este patrón se repitió al analizar la densidad de las distintas clases de edad a lo largo del estudio en lugar

de las proporciones. Si se excluye el evidente efecto de las crecidas sobre la densidad poblacional en general, no hubo una tendencia clara al alza o disminución en el número de inmaduros. Los dos máximos de pollo registrados en 2007 y 2018 coincidieron con altas densidades de adultos (Figura 30), pero el año 2015 –en que se observó una densidad de adultos similar a 2007 y 2018– no observamos la misma alza en los estadios inmaduros. Nos llamó la atención que en el período 2014-2017 observáramos una alta variación en la densidad de adultos, sin que se produjeran cambios sustanciales en la densidad de inmaduros, la que se mantuvo relativamente constante.

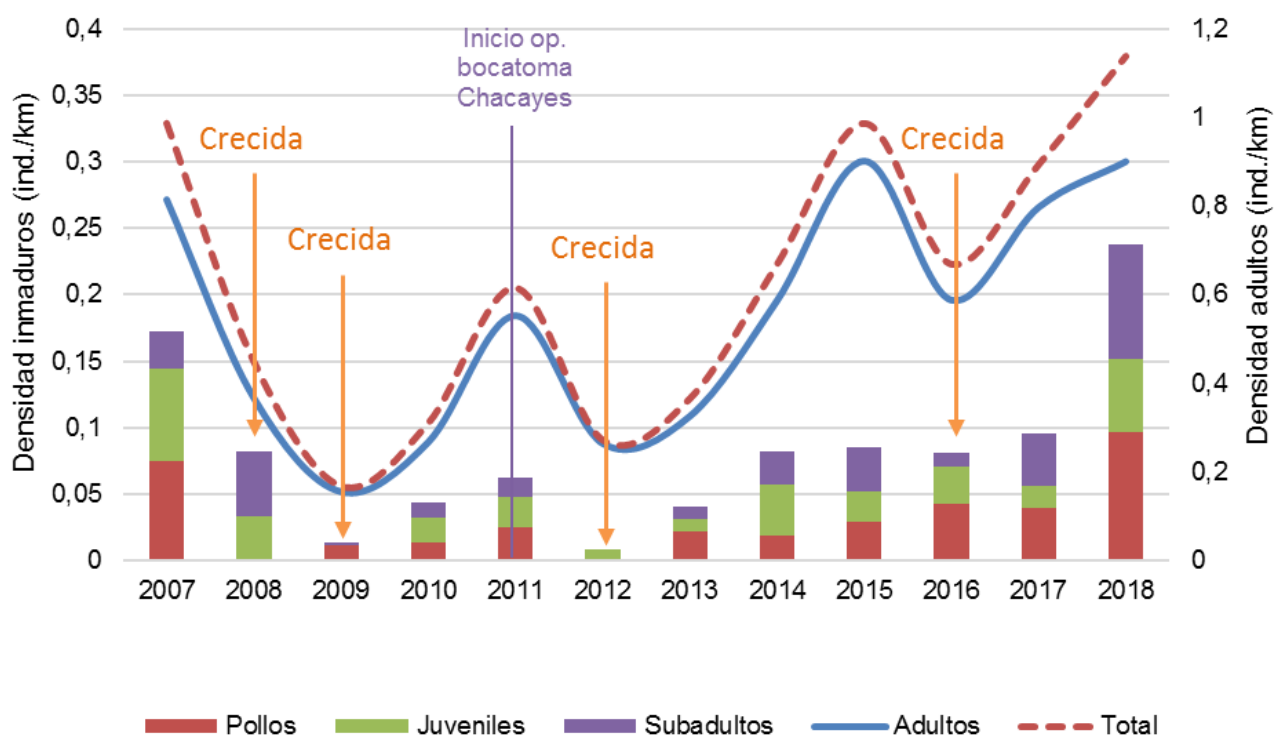


Figura 30. Densidad promedio anual de las distintas clases de edad de pato cortacorrientes a lo largo del estudio.

Al considerar cada uno de los ríos principales monitoreados (Figura 31), observamos una mayor variación en la relación de edades a lo largo del estudio. Por una parte, los ríos Cachapoal y Pangal presentaron patrones altamente oscilantes, pero con presencia de inmaduros todos los años. En cambio, los ríos Cipreses, Cortaderal y Las Leñas, tuvieron una

baja presencia de inmaduros hasta el año 2013, a partir del cual la presencia de inmaduros (y particularmente de pollos) aumentó considerablemente. El río Blanco lo monitoreamos durante un período relativamente corto, mostrando una marcada baja de inmaduros los años 2015 y 2016.

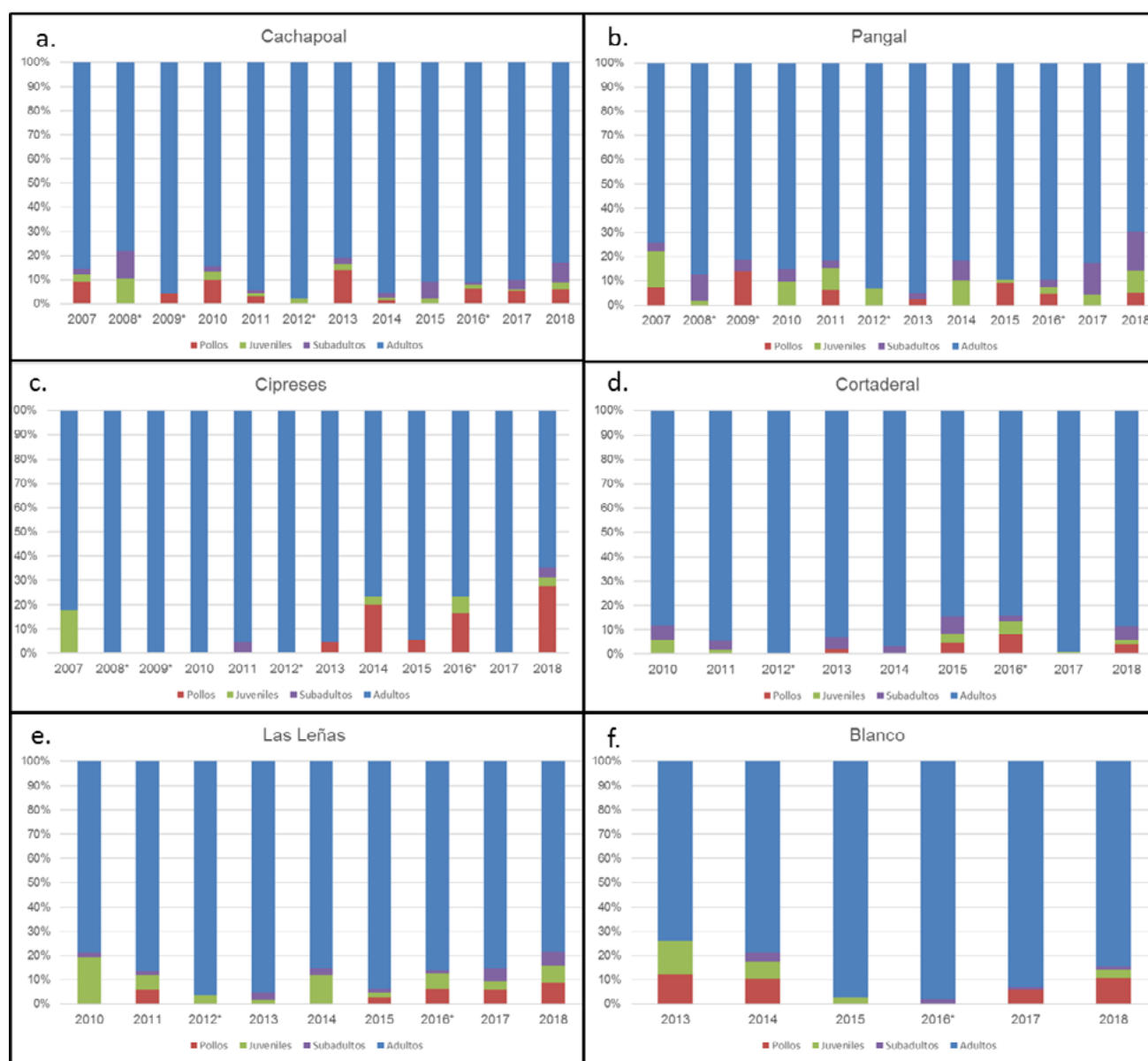


Figura 31. Relación de edades de pato cortacorrientes a lo largo del estudio para cada uno de los ríos principales monitoreados.

Variación intra anual en la relación de edades

Observamos una alta variación intra anual en la proporción de edades, lo que atribuimos al desarrollo normal y estacional de la reproducción de la especie, y a la transición progresiva de los inmaduros hacia estadios de desarrollo más avanzados.



Hubo una gran variación en la proporción de edades dentro y entre años. Dentro del año, esta variación es atribuible a la estacionalidad de la reproducción, a la transición de inmaduros hacia estados de desarrollo más avanzados y a la mortalidad de inmaduros, especialmente en estados tempranos de desarrollo. En la fotografía un pato cortacorrientes juvenil.

Es así como en agosto, al comienzo de la estación reproductiva, apreciamos la mínima proporción de inmaduros (Figura 32). A partir de septiembre, y hasta marzo, observamos pollos, con un máximo en octubre, seguido de una declinación progresiva, con niveles

mínimos en los meses de febrero y marzo. La variación en la proporción de juveniles, subadultos y adultos, reflejó el cambio de estado de los individuos que van madurando a lo largo del año.

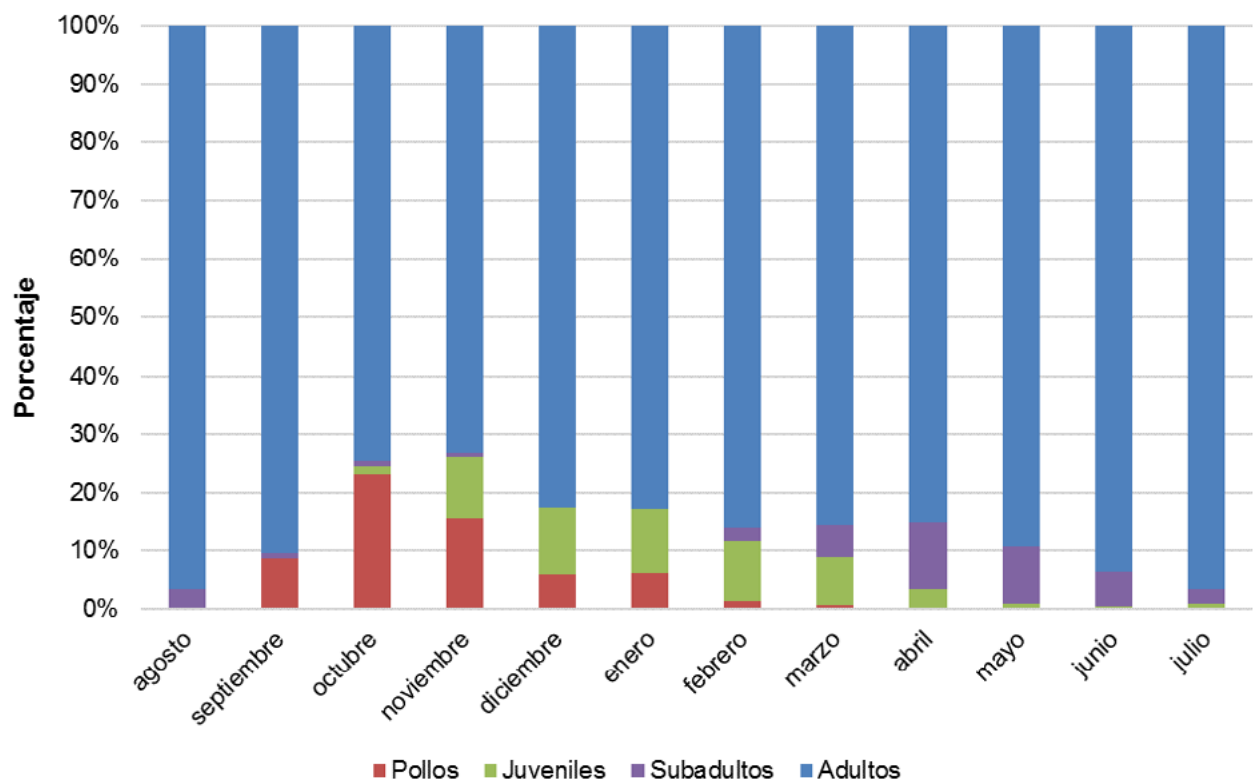


Figura 32. Relación de edades de pato cortacorrientes a lo largo del año, según los resultados agregados para todos los ríos principales. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

Este mismo patrón lo observamos en los resultados de densidad promedio mensual agregados, considerando todos los ríos (Figura 33). Esta variación en la densidad de las diferentes categorías de edad a lo largo del

año estuvo asociada al reclutamiento de pollos, a mortalidad de inmaduros y al crecimiento de los inmaduros con la consecuente transición hacia categorías de desarrollo más avanzadas.

Respecto de la mortalidad de inmaduros, habitualmente los estados tempranos de desarrollo presentan altas mortalidades. Por lo mismo, una vez pasado el máximo de eclosiones, independiente de la transición entre categorías de desarrollo, se espera una disminución progresiva del total de inmaduros, siendo esto precisamente lo que observamos entre octubre y febrero (Figura 33).

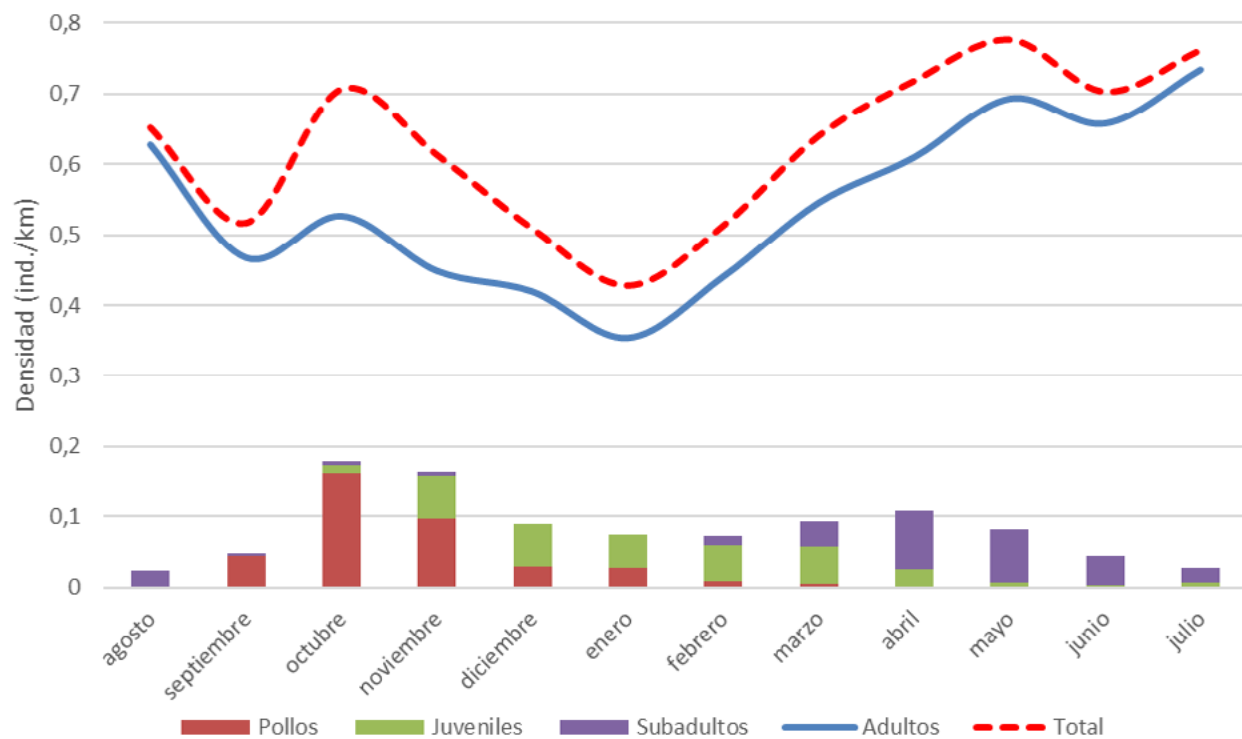


Figura 33. Densidad promedio mensual de las distintas clases de edad de pato cortacorrientes, según los resultados agregados para todos los ríos. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

Sin embargo, en marzo y abril observamos un leve aumento del total de inmaduros (Figura 33), lo que se contraponía a la tendencia esperable y que se observaba en los meses anteriores, de disminución progresiva atribuible a mortalidad. El alza de inmaduros a partir de marzo coincidió con un alza progresiva en la densidad de adultos y en la densidad total, y no era atribuible a la transición entre estadios de desarrollo. El alza de densidad que observamos entre marzo y abril la atribuimos al ingreso al área de estudio de inmaduros, específicamente de subadultos, que se encontraban fuera del área de monitoreo en la temporada estival, y que, en la medida que el hábitat disponible en las zonas altas y cursos menores se reducía durante el estiaje, se concentraban en los cursos principales, los que mantenían niveles de caudal adecuados para la especie. Luego de dicha alza observamos una declinación progresiva de la densidad de inmaduros, la que atribuimos a la llegada de los individuos a la adultez y a alguna tasa indeterminada de mortalidad, manteniéndose un remanente de subadultos hasta el mes de noviembre, los que posiblemente correspondían a nidadas tardías.

Al observar los patrones de cada río por separado (Figura 34), apreciamos que los ríos Cachapoal, Pangal y Cortaderal presentaron un patrón parecido al agregado de todos los ríos principales, con un aumento de densidad total en la temporada invernal (menos acentuado en el río Pangal) y con un alza en el total de inmaduros en marzo-abril-mayo, lo que sugirió la llegada de individuos desde otros ríos. Además de ser utilizados durante todo el año, y presentar de manera recurrente evidencia de reproducción, estos ríos, ubicados en la parte baja de la cuenca (el río Cortaderal tenía gran parte de su curso monitoreado en la parte baja de la cuenca), tendrían especial importancia como hábitat invernal (durante el estiaje), recibiendo parte de la población de pato cortacorrientes que abandona sus territorios estivales en cursos menores y/o ubicados a mayor altitud, producto del cambio de las condiciones hidrológicas y/o de oferta de alimento durante el estiaje.



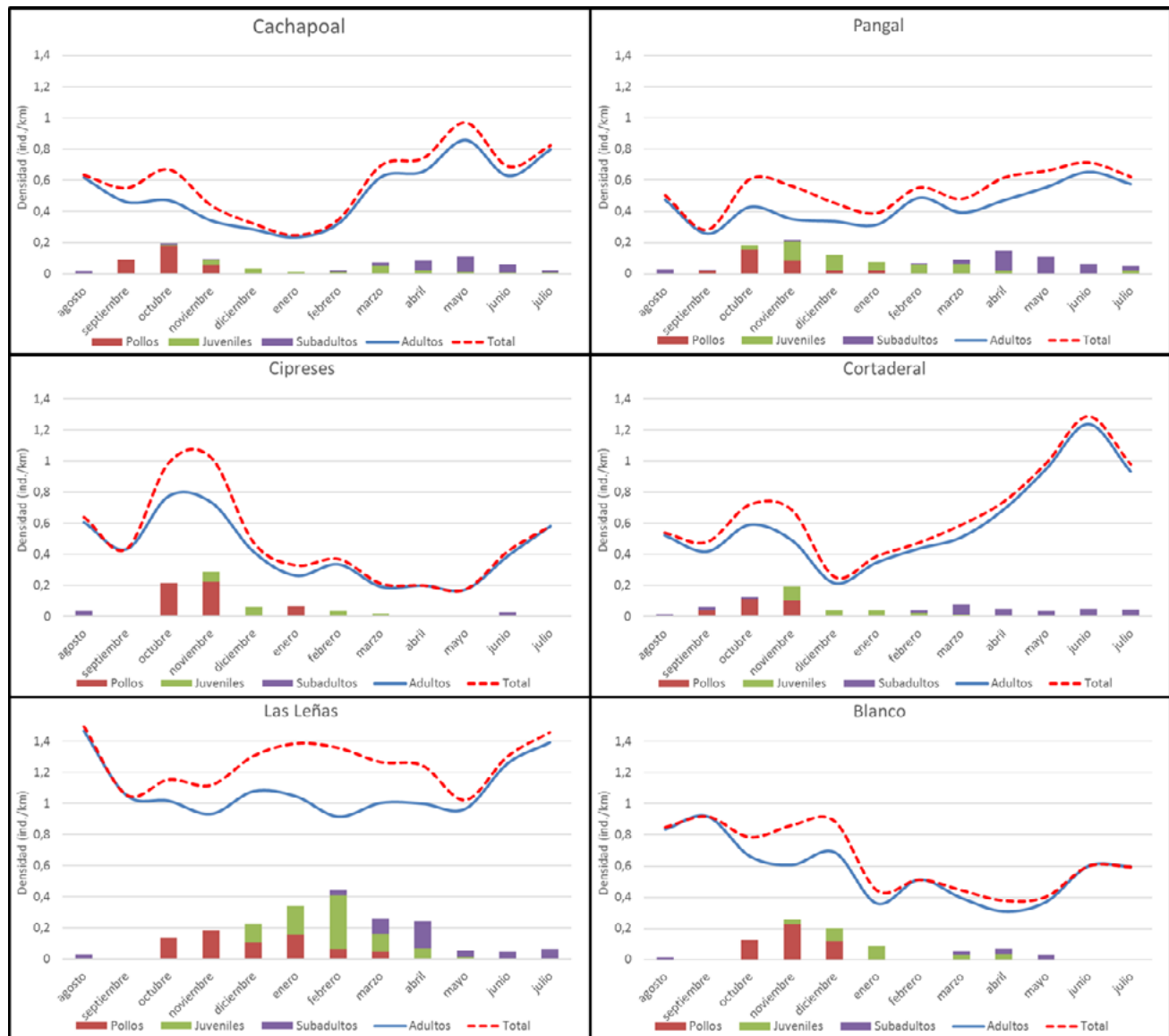


Figura 34. Densidad promedio mensual de las distintas clases de edad de pato cortacorrientes en los diferentes ríos de la cuenca del Cachapoal. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

Por el contrario, los ríos Cipreses y Blanco presentaron mayores densidades totales y de inmaduros durante el período estival, una marcada disminución en invierno y baja presencia de inmaduros luego de abril, lo que

pudo ser consecuencia de condiciones invernales que limitaron su aptitud como hábitat de pato cortacorrientes. Por ello, los ríos Cipreses y Blanco los consideramos como hábitat de mayor importancia

82 El pato cortacorrientes

durante la temporada estival. En el caso del río Blanco, la existencia de una bocatoma de grandes dimensiones perteneciente a la mina El Teniente, afectó su calidad de hábitat, pues la extracción de agua durante el período de bajos caudales del estiaje, se tradujo en que el río, aguas abajo de la bocatoma,

presentaba una reducción considerable de caudal. Los ríos Cipreses y Blanco al concentrar patos en primavera y verano, sostenían actividad reproductiva de parte de la población que ocupó ríos más bajos durante el invierno.



El patrón estacional de ocupación de los ríos por parte de los patos cortacorrientes, fue particular para cada uno. Los ríos Cachapoal, Pangal y Cortaderal, fueron hábitat importante para el pato cortacorrientes durante el invierno. Los ríos Blanco y Cipreses fueron más relevantes en primavera y verano. El río Las Leñas en cambio fue un hábitat de buena calidad tanto en invierno como en verano. En la imagen la cuenca del río Blanco.

Finalmente, el río Las Leñas presentó densidades relativamente estables a lo largo del año, con dos caídas, una en septiembre-octubre y otra en abril-mayo. La caída de septiembre-octubre se observó en todos los ríos monitoreados, y la atribuimos a una conducta más críptica de las parejas reproductoras, con actividad de incubación, y a una dispersión hacia zonas más elevadas y cursos menores alimentados por deshielo. Por otra parte, la caída en la densidad en abril-mayo en el río Las Leñas, coincidió con la edad de emancipación de los individuos nacidos en la temporada (cinco meses de edad aproximadamente) y con un aumento en la densidad de inmaduros en zonas más bajas de las cuencas (i.e. Cachapoal y Pangal).

Esta caída en la densidad de inmaduros no se dio en los adultos, los que mantuvieron densidades estables hasta mayo, aumentando durante el período de menor caudal (junio-julio). Estos antecedentes nos sugieren que, al momento de emanciparse, los individuos subadultos nacidos en ríos a mayor altitud, podrían desplazarse hacia tramos de ríos a menor altitud con condiciones menos extremas durante el invierno. Por su parte, los adultos desplazados por la reducción del hábitat durante el estiaje, tenderían a concentrarse en el tramo monitoreado del río Las Leñas, el que actuaría como hábitat invernal, dado que mantiene buenas condiciones para el pato cortacorrientes durante todo el año.

Efecto de las bocatomas

En términos generales, las bocatomas tuvieron un efecto negativo sobre la densidad de pato cortacorrientes en los tramos de río que ven su caudal afectado. Esta disminución de la densidad fue observada en el río Cachapoal aguas abajo de la bocatoma Chacayes, cuando esta inició su operación. Por otra parte, aguas abajo de la bocatoma del río Pangal, se observó menor densidad respecto de lo observado aguas arriba de la bocatoma durante todo el estudio.

Dado que el inicio de la operación de la bocatoma Chacayes en el río Cachapoal fue bien documentado

en nuestro estudio, pudimos caracterizar un efecto compensatorio, evidente por un aumento de densidad de patos en el tramo no intervenido del río, es decir aguas arriba de la bocatoma, simultaneo a la caída bajo la bocatoma. Así, no observamos una variación importante en la densidad promedio para el total del tramo monitoreado del río Cachapoal. Una respuesta similar la observamos en 2017 ante el derrumbe ocurrido en la cuenca del río Cortaderal, el que afectó la calidad del hábitat para el pato cortacorrientes en un tramo importante del río, y que resultó en un aumento sin precedentes en la densidad de pato cortacorrientes en el río Las Leñas, aledaño al Cortaderal.

Esto nos sugirió que, bajo las condiciones del área de estudio, el sistema de ríos tendría la capacidad de absorber individuos desplazados por cambios desfavorables en las condiciones hidrológicas en tramos específicos. Esto sería posible debido a que, producto de la incidencia periódica de crecidas otoñales que provocan caídas importantes en la abundancia de la especie, la población no habría alcanzado la capacidad

de carga del sistema, no observándose una declinación en la tasa de crecimiento. Así, se mantuvo cierta capacidad de ajuste o de redistribución de patos por cambios temporales o permanentes, naturales o antropógenos, en las condiciones de los tramos que ocupaban habitualmente.



Las bocatomas tienen un efecto negativo sobre la densidad de pato cortacorrientes en el tramo de río inmediatamente aguas abajo de estas. Sin embargo, se puede producir un efecto compensatorio aguas arriba de las bocatomas o en otros ríos cercanos, por inmigración desde los tramos con caudal afectado. Así, existe una capacidad de ajuste, en que los ríos con mejores condiciones pueden absorber individuos desplazados por cambios temporales o permanentes, naturales o antropógenos, ello en la medida que estos no hayan alcanzado su capacidad de carga.

Efecto de las bocatomas en el río Cachapoal

En el río Cachapoal pudimos evaluar el efecto de la bocatoma Chacayes gracias a que dispusimos de información del monitoreo previo a su operación, entre enero de 2007 y octubre de 2011, y gracias a que

hubo tramos de río monitoreados cuyo caudal no se vio afectado por la bocatoma. Así, pudimos distinguir tres tramos de río (Figura 35):

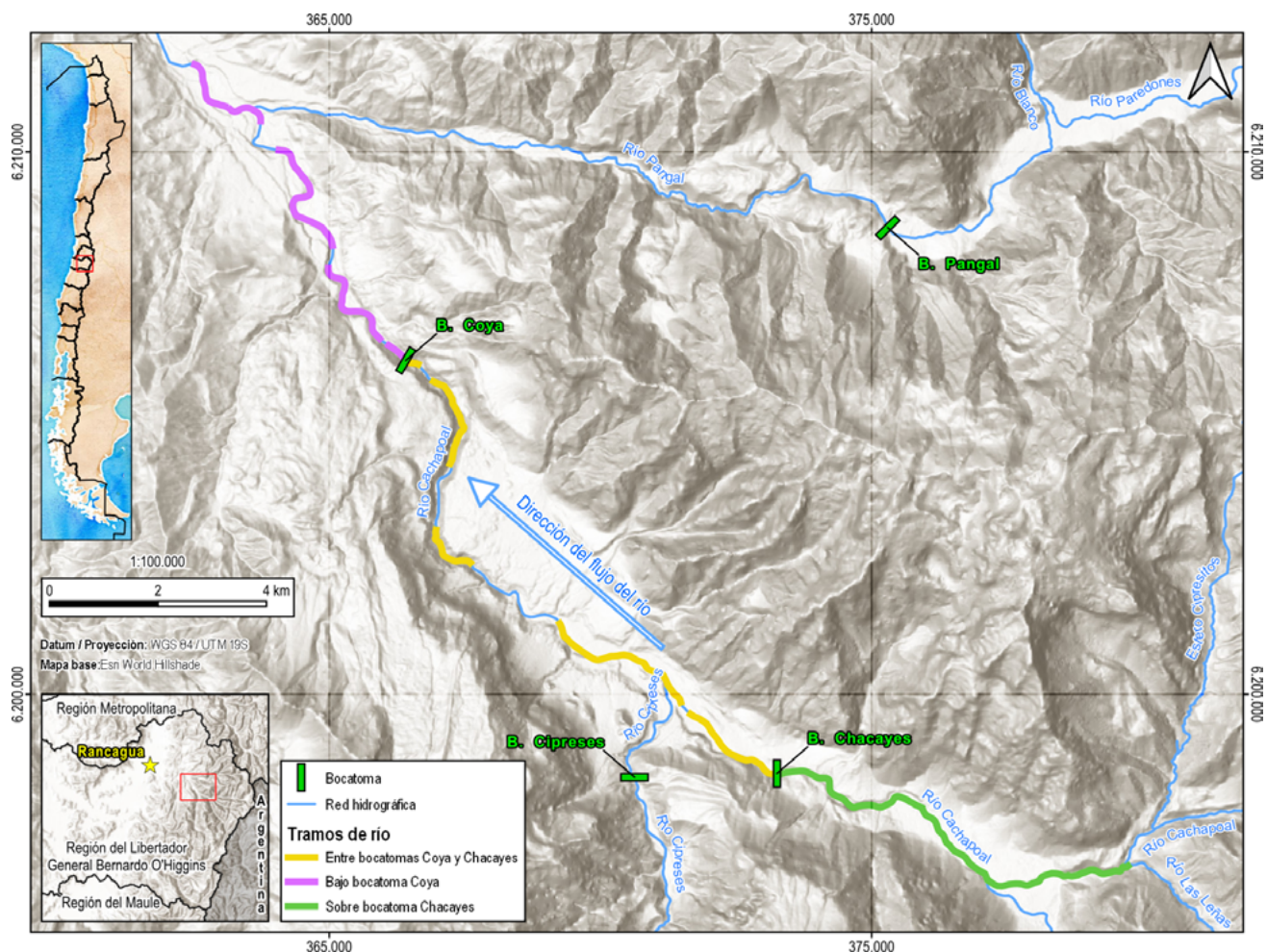


Figura 35. Disposición de los tramos de río visibles considerados en el monitoreo del río Cachapoal.

1. Tramo bajo bocatoma Coya: Tramo de 6,8 km monitoreados. Al inicio de nuestro estudio, este tramo ya se encontraba intervenido por la operación de la bocatoma Coya. No era esperable cambios en las condiciones de caudal bajo la bocatoma Coya como consecuencia del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes, toda vez que la Central Chacayes repone el agua en la misma ubicación de la bocatoma Coya.
2. Tramo entre bocatomas Coya y Chacayes: Tramo de 8,1 km monitoreados. Hasta octubre de 2011, este tramo presentó caudal natural. A partir de noviembre de dicho año, lo consideramos caudal intervenido por el inicio de la operación de la bocatoma Chacayes.
3. Tramo sobre bocatoma Chacayes: Tramo de 7,5 km monitoreados. Este tramo se mantuvo como caudal natural a lo largo de todo el estudio, sin verse afectado por el inicio de la operación de la bocatoma Chacayes.

Esta situación equivalía, en cierta forma, a un diseño experimental de tipo BACI (del inglés before, after, control impact), considerado como una de las mejores alternativas para evaluar el impacto de cualquier actividad.

El inicio de la operación de la bocatoma Chacayes produjo una disminución importante de la densidad de pato cortacorrientes en el tramo entre las bocatomas Coya y Chacayes (Figura 36), con una caída de machos y hembras, de un 72% y 74% respectivamente, y de pollos y juveniles de un 91% (Figura 37).

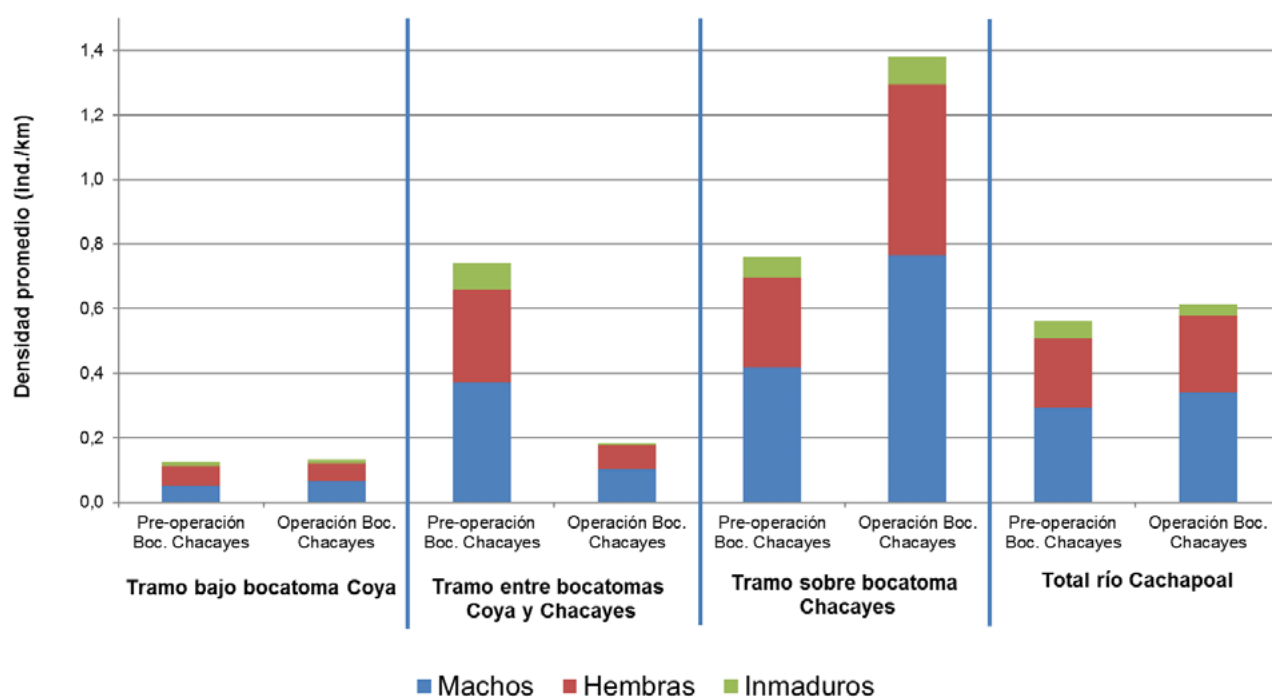


Figura 36. Densidad promedio, por sexo y edad, de pato cortacorrientes en tramos del río Cachapoal. Etapas de pre-operación y operación de la Central Hidroeléctrica Chacayes. Enero de 2007 a diciembre de 2018. * La categoría inmaduros sólo considera pollos y juveniles. Los subadultos fueron incorporados al sexo respectivo.



Figura 37. Variación porcentual del promedio de la densidad de patos cortacorrientes durante el período de operación de la bocatoma Chacayes, con respecto a los valores observados en el período pre-operación.

La menor densidad de patos bajo las bocatomas, no parecía estar relacionada con una disminución de la disponibilidad de alimento debido a la alteración del régimen de caudales del río. Aunque observamos un reemplazo gradual de especies de invertebrados macrozoobentónicos a lo largo del gradiente altitudinal, desde la cabecera de los ríos hacia los tramos inferiores, no observamos diferencias significativas en la oferta de macro invertebrados –la principal fuente de alimento del pato cortacorrientes– sobre y bajo las bocatomas Coya y Pangal. La disminución de calidad como hábitat para patos aguas abajo de las bocatomas, se podría relacionar con cambios en el caudal y sobre todo en la velocidad del agua, atributos que serían de alta relevancia para la especie.

La densidad promedio de patos en el tramo entre las bocatomas Coya y Chacayes luego del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes, se aproximó a la densidad promedio histórica para el tramo bajo la bocatoma Coya, la que, como se señalamos, ya presentaba intervención de su caudal cuando iniciamos nuestro estudio. El tramo bajo la bocatoma Coya, no presentó una variación importante en la densidad total de patos antes y después del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes (Figura 37). En cambio, el tramo sobre la bocatoma Chacayes, la que mantuvo su caudal natural durante todo el estudio, evidenció un aumento en la densidad de patos luego del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes. Este aumento tuvo similar magnitud a la disminución observada en el tramo entre las bocatomas Coya y Chacayes, luego

de iniciada la operación de esta última. Sin embargo, detectamos un menor incremento proporcional de inmaduros, posiblemente por una limitación en la disponibilidad de sitios de reproducción.

Al considerar la totalidad del tramo monitoreado del río Cachapoal, bajo y sobre bocatomas, no observamos una variación importante en la densidad de pato cortacorrientes antes y después del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes. Aunque observamos un leve aumento en la densidad total, principalmente de adultos y subadultos, esta pareció atribuible a una variación natural y, por otra

parte, registramos una declinación en la densidad de inmaduros del orden del 34%. Esto nos sugirió alguna limitación de la reproducción atribuible, como señalamos anteriormente, a la disponibilidad de sitios de nidificación y/o a la territorialidad de la especie durante la temporada reproductiva, lo que limitaría la concentración de parejas reproductoras. En suma, aunque la densidad total de patos en el río Cachapoal no se vio afectada por la operación de la bocatoma Chacayes, el aporte de este río como sitio de reproducción se vio mermada, lo que se reflejó en la baja de los estados inmaduros.



La disminución de calidad como hábitat para el pato cortacorrientes en los tramos de río bajo las bocatomas, no se asocia a una reducción de fuentes de alimento, si no que se podría relacionar con cambios en el caudal y sobre todo en la velocidad del agua, atributos que serían de gran relevancia para la especie.

Efecto de la bocatoma en el río Pangal

La bocatoma del río Pangal se encuentra operando desde 1921, por lo que no dispusimos de antecedentes de la situación del pato cortacorrientes en este río antes del inicio de su operación. Para efectos de nuestro estudio, el río Pangal lo dividimos en dos tramos: 9,5 km de caudal intervenido bajo la bocatoma, y 2,4 km de caudal natural sobre la bocatoma. Ninguno de estos tramos presentó modificaciones importantes en la intervención de su caudal durante el monitoreo, con la excepción de la paralización de la central Pangal entre marzo de 2017 y diciembre de 2018, período

durante el cual se produjo la restitución del caudal natural aguas abajo de la bocatoma.

Durante el monitoreo, el tramo bajo la bocatoma presentó una densidad promedio de 0,4 ind./km, lo que representó un 46% de la densidad promedio sobre la bocatoma (1,0 ind./km) (Figura 38). La proporción de machos fue mucho mayor que la de hembras en todo el río, relación que fue mayor sobre la bocatoma (1,8 machos/hembra), que bajo ésta (1,4 machos/hembra).

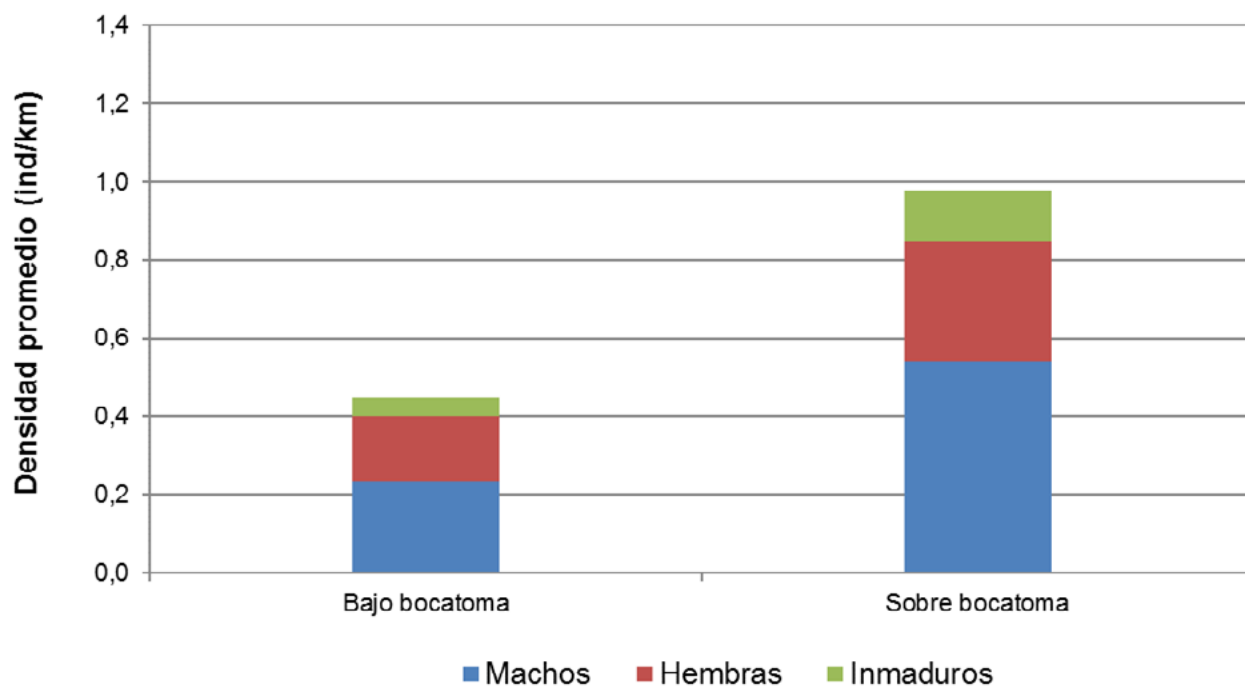


Figura 38. Densidad promedio, y por sexo, de pato cortacorrientes por tramo en el río Pangal. Enero de 2007 a diciembre de 2018.

La diferencia de densidad entre ambos tramos no la atribuimos a diferencias importantes en sus variables físicas estables de interés para el pato cortacorrientes. La coherencia de estos resultados con los hallazgos observados en el río Cachapoal, no sugirió que la diferencia de densidades sobre y bajo la bocatoma fue consecuencia de la intervención del caudal.

Como señalamos, la central Pangal estuvo detenida

entre abril de 2017 y diciembre de 2018, lo que implicó la restitución del régimen natural de caudal en toda la extensión del río. Para evaluar una eventual respuesta del pato cortacorriente a este nuevo escenario analizamos una posible variación en el patrón histórico de densidad sobre y bajo la bocatoma. Los resultados no nos evidenciaron un aumento inmediato de densidad una vez restituido el caudal natural (Figura 39).

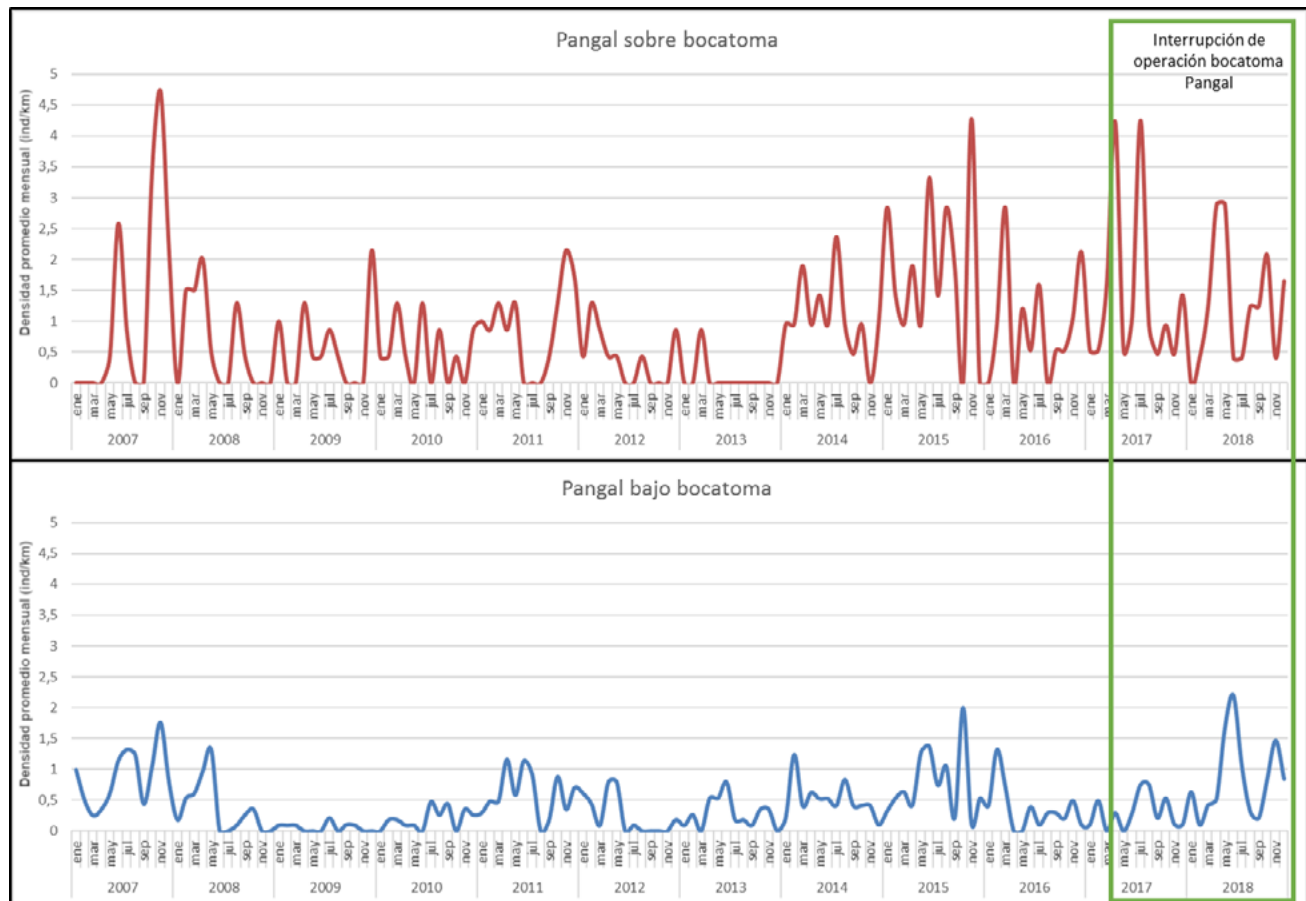


Figura 39. Variación de la densidad mensual de pato cortacorrientes entre enero de 2007 y diciembre de 2018 para los tramos "Pangal Bajo Bocatoma" y "Pangal Sobre Bocatoma". A partir de marzo de 2017, el tramo bajo bocatoma, contó con condiciones de caudal natural, debido a la paralización de la central Pangal.

Sin embargo, al analizar la variación en las densidades promedio anuales, observamos que, el año 2018, en que el río Pangal tuvo calidad de caudal natural, la densidad de patos cortacorrientes en el tramo bajo la bocatoma aumentó, y al mismo tiempo sobre la bocatoma disminuyó. Esta fue una situación inusual, pues en todos los períodos anteriores, entre 2007 y 2017, habíamos observado una covariación en el mismo sentido, es decir que los valores de densidad sobre y bajo bocatoma subían o bajaban de manera simultánea (Figura 40). La única excepción fue el año 2013, lo que atribuimos al estado de la población luego de la crecida. El alza de la densidad bajo la bocatoma,

y su coincidencia con una baja sobre la bocatoma, fue coherente con lo que observamos al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes, es decir, una redistribución de individuos en el río, pero en este caso de manera inversa a lo observado en el río Cachapoal. El fenómeno observado es relevante ya que indica que el impacto local de las bocatomas en los ríos y en la población de pato cortacorrientes es reversible si se restituyen las condiciones de caudal natural, incluso en tramos que, como el río Pangal bajo la bocatoma, han sido afectadas durante largo tiempo, en este caso un siglo.

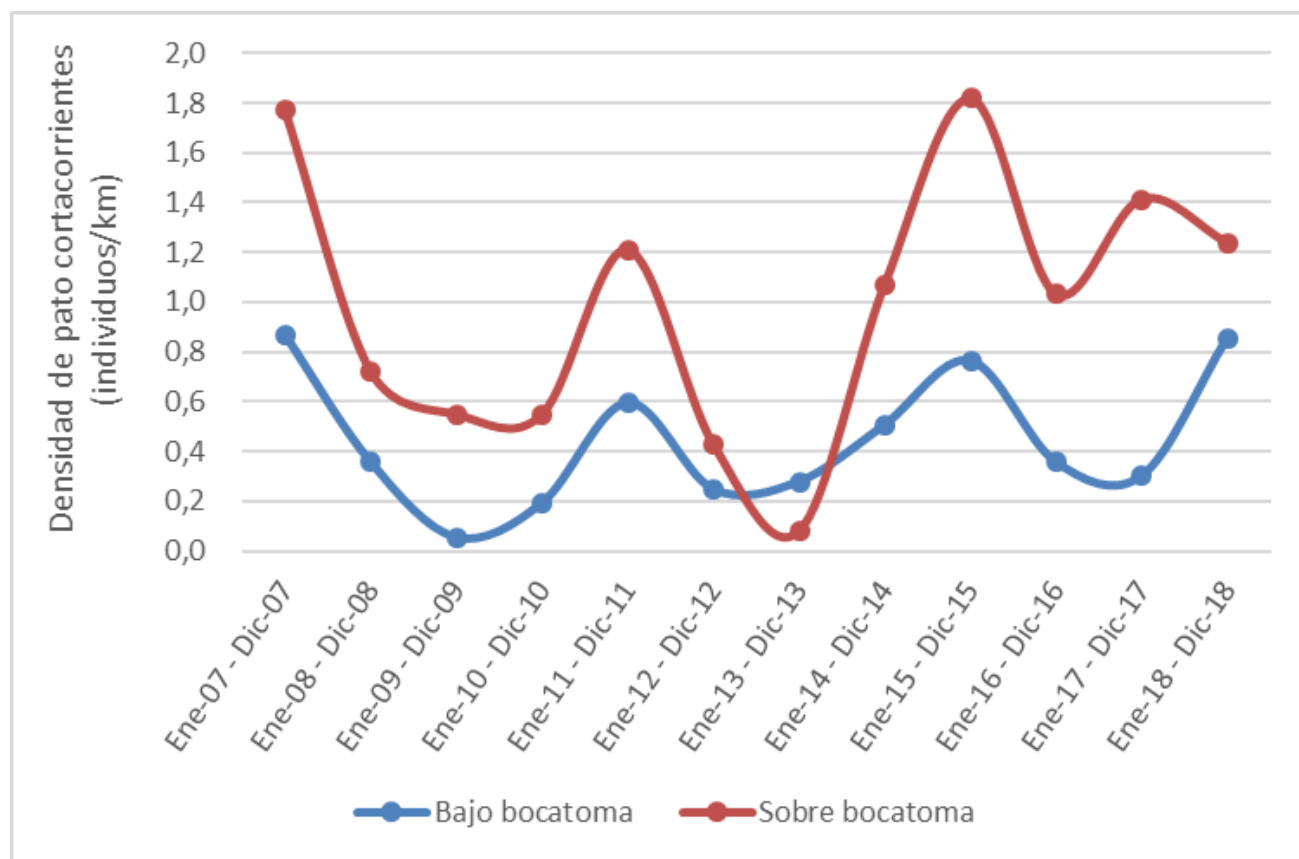


Figura 40. Variación de la densidad promedio anual de pato cortacorrientes bajo y sobre la bocatoma Pangal. El tramo bajo la bocatoma contó con condiciones de caudal natural desde marzo de 2017 y hasta diciembre de 2018.

Efecto de la bocatoma en el río Cipreses

En mayo de 2013 comenzamos a monitorear 1,7 km en el tramo bajo la bocatoma del río Cipreses. Antes se monitoreaba solo 3,5 km sobre la bocatoma. Por tanto, no se dispuso de información para evaluar el efecto del inicio de la bocatoma en 2011 mediante la comparación de la variación de densidad de patos sobre y bajo la bocatoma, antes y después del inicio de su operación.

Desde el momento en que iniciamos el monitoreo bajo la bocatoma, en mayo de 2013, no observamos patos cortacorrientes en dicho tramo, en cambio sobre

la bocatoma, observamos una densidad promedio mensual de 0,8 ind./km. Dado que no teníamos datos del tramo bajo la bocatoma antes del inicio de su operación, no se pudo atribuir a la bocatoma la causa de la ausencia de patos aguas abajo de la misma, aunque parecía muy probable. También se puede especular que el tramo bajo la bocatoma no presentó buenas condiciones para la especie en términos de sus atributos físicos estables, tales como altitud, pendiente, ancho de la caja del río y presencia de bancos de arenas, y cuyos efectos sobre el pato cortacorrientes analizaremos más adelante.



Extensión del estudio de dinámica poblacional

Uno de los factores que puede modular la disponibilidad de hábitat en los ríos, son las condiciones extremas durante el invierno a medida que aumenta la altitud. Para evaluar aquello, entre junio de 2016 y diciembre de 2018, ampliamos el límite altitudinal del monitoreo mensual en los ríos principales, realizándose, en paralelo a las campañas mensuales, diez campañas con frecuencia trimestral a las zonas más altas de las cuencas, más allá del límite altitudinal del monitoreo

mensual. Así, comparando las densidades aportadas por el monitoreo mensual con las obtenidas en el monitoreo extendido trimestral, buscamos diferencias en el patrón de uso de los ríos atribuibles a la altitud. Un patrón de variación invertido de densidad de patos entre zonas altas y bajas, sustentaría la hipótesis del desplazamiento de individuos desde tramo altos de los ríos hacia tramos bajos durante la estación invernal.



Entre 2016 y 2018 se realizaron campañas en los ríos más altos de la cuenca. Un patrón de variación de densidad de patos invertido entre zonas altas y bajas, sustentaría la hipótesis del desplazamiento de individuos desde tramo altos de los ríos hacia tramos bajos durante la estación invernal. En la imagen muestreo invernal del río Paredones.

Dada la altitud y las condiciones de acceso asociadas, los recorridos se hicieron a caballo, a pesar de lo cual no pudimos monitorear algunas cuencas con la regularidad planificada. Aunque todas las partes altas de las cuencas presentaron algún grado de dificultad de acceso invernal, las cuencas del Cachapoal Alto y Paredones fueron las más accesibles, mientras que otras sólo pudimos visitarlas cuando las condiciones

lo permitieron. Destaca el caso del Cortaderal Alto, el que, dada la expansión de la laguna Pejerreyes durante los deshielos y la ocurrencia de frecuentes derrumbes, sólo pudimos muestrearlo en una oportunidad. El detalle del esfuerzo realizado por río en el contexto del monitoreo trimestral extendido, lo presentamos en la Tabla 7.

Tabla 7. Esfuerzo de muestreo realizado como parte del monitoreo extendido de pato cortacorrientes. Campañas realizadas entre junio de 2016 y diciembre de 2018. La variación es atribuible a las diferentes condiciones de acceso a los ríos a lo largo del año.

Río	Distancia de monitoreo (km lineales de río visible)				Número de campañas realizadas
	Promedio	Desv. Est	Máximo	Mínimo	
Cortaderal extendido	13,1	8,2	18,8	7,3	2
Cachapoal extendido	10,1	2,2	12,1	6,7	9
Cipreses extendido	15,3	3,4	19,0	12,2	3
Paredones	12,1	2,0	14,4	8,3	10
Flores	3,6	0,0	3,6	3,6	4
La Engorda	3,0	0,8	4,0	2,0	5
Ciprecitos	3,5	1,0	4,5	1,8	7

En la parte superior del río Pangal, incorporamos tres nuevos tramos: (i) el río Paredones (continuación del río Pangal, aguas arriba de su junta con el río Blanco), (ii) el estero Flores (un afluente del Paredones), y (iii) el estero La Engorda (otro afluente del Paredones). Por su parte, en la parte superior del Cachapoal, incorporamos dos nuevos tramos: (i) la continuación del río Cachapoal, que se denominó “Cachapoal Alto”, para distinguirlo

del tramo monitoreado de manera mensual, y (ii) el estero Cipresitos (un afluente del Cachapoal). En los ríos Cipreses y Cortaderal, consideramos una extensión de los tramos monitoreados en cada río, nuevamente usando el apelativo “Alto” para diferenciarlos de los tramos monitoreados de manera mensual. Así, los identificamos como “Cipreses Alto” y “Cortaderal Alto”, respectivamente (Figura 3). Dichos

tramos los incorporamos en distintos momentos al estudio, y por complejidades logísticas, no pudimos muestrearlos todos en todas las campañas. El detalle de la longitud de los tramos monitoreados en cada río y campaña, lo presentamos en la Tabla 8. Aplicamos la misma metodología empleada en el muestreo mensual. Así pudimos comparar los resultados de meses equivalentes entre los ríos considerados

en el monitoreo extendido y los tramos más bajos monitoreados mensualmente.

A continuación, presentamos los resultados para los cuatro grandes grupos de ríos que consideramos en el monitoreo extendido, a saber: (a) extensión del río Pangal; (b) extensión del río Cachapoal; (c) extensión del río Cipreses; y (d) extensión del río Cortaderal.

Tabla 8. Longitud (en metros) de los tramos monitoreados en cada campaña realizada en el contexto del monitoreo extendido de pato cortacorrientes.

Río	Cuenca principal asociada	2016	2016	2016	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018
		Jun	Sept	Dic	Mar	May	Sept	Mar	Jun	Sept	Dic
Paredones	Pangal	11.645	14.364	14.364	14.364	10.995	10.855	12.720	8.265	12.720	10.995
Flores	Pangal	-	-	-	3.641	-	-	3.641	-	3.641	3.641
La Engorda	Pangal	-	-	-	-	-	3.456	4.016	3.179	2.040	2.169
Cachapoal Alto	Cachapoal	12.117	11.140	12.117	7.634	11.533	11.533	10.371	-	7.634	6.666
Cipresitos	Cachapoal	-	-	-	4.502	4.502	2.993	3.972	1.785	3.226	3.764
Cipresitos Alto	Cipreses	12.213	14.765	18.951	-	-	-	-	-	-	-
Cortaderal Alto	Cortaderal	-	18.844	-	-	-	-	-	-	7.300	-

Extensión del río Pangal

Río Paredones

El río Paredones es un río con bastante caudal, el que, al unirse con el río Blanco, pasa a constituir el río Pangal. Aunque no contábamos con datos de su caudal, este río aporta parte importante del caudal del río Pangal y no presenta intervención. En este río registramos una densidad de patos altamente variable, con mínimos hacia fines del verano, y máximos a fines de invierno o en primavera. En otoño e invierno observamos densidades intermedias.

Estero Flores

El Flores es un estero mediano, afluente del Paredones. Presenta aporte nivoso y de un glaciar ubicado en su cabecera. Por problemas de acceso, lo muestreamos de manera intermitente, lo que limitó evaluar la existencia de un patrón de variación en la densidad de patos y su contraste con otros ríos. Es destacable que, para marzo de los años 2017 y 2018, observamos densidades altamente contrastantes, pues en marzo de 2017 no observamos patos, mientras que en marzo de 2018 observamos el máximo registrado en este río. Además, en diciembre de 2018, registramos una caída brusca de densidad que no se repitió en los vecinos ríos Paredones y La Engorda.

Estero La Engorda

La Engorda es un estero mediano, de caudal similar al estero Flores, sin glaciares en su cabecera. En La Engorda observamos densidades de patos relativamente estables durante el período de monitoreo. Es destacable que, en marzo de 2018, observamos una leve alza y en junio de 2018 una leve caída en la densidad. Estas variaciones fueron inversas a lo que observamos en el curso principal (río Paredones) para el mismo período.

Los resultados del monitoreo de estos ríos lo presentamos en la Figura 41, en la que se aprecia que cualquier interpretación de los patrones estuvo condicionada por los problemas de acceso al estero Flores y al corto tiempo de monitoreo del estero La Engorda.

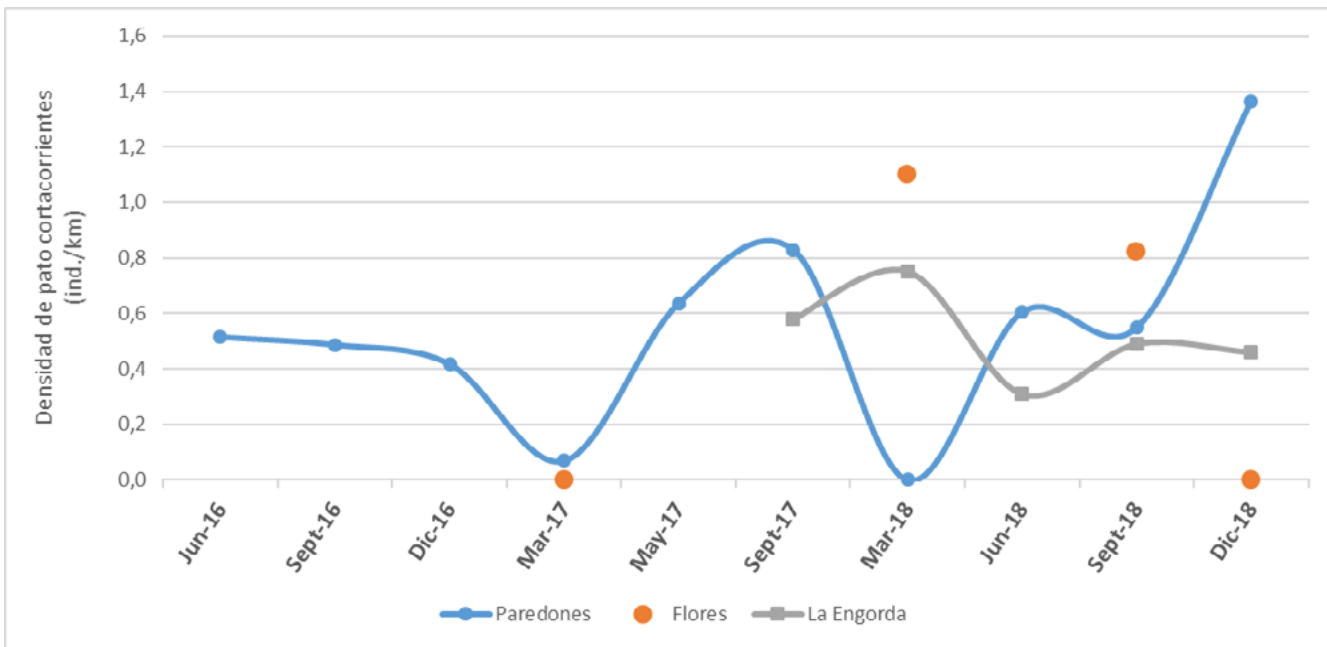


Figura 41. Densidad de patos cortacorrientes registrada durante el monitoreo extendido del río Pangal, considerando el río Paredones, y los esteros Flores y La Engorda.

Al analizar la variación de la densidad en cada río, observamos cierta interdependencia entre éstos. En el período septiembre 2017 a diciembre 2018, La Engorda y Paredones presentaron un patrón inverso, con alzas de densidad de uno coincidentes con bajas de densidad del otro (Figura 41). De igual forma, la máxima densidad que registramos en el estero Flores en marzo de 2018, coincidió con una densidad en extremo baja en el río Paredones, y la caída que se observó entre septiembre y diciembre de 2018 en el Flores, coincidió con una marcada alza en el río Paredones.

Llama la atención la baja densidad que se observó en el río Paredones durante marzo, período en que se esperaba una mayor concentración de individuos en

los cursos principales, en la medida que, al avanzar la temporada de estiaje, el hábitat disponible debiese haberse contraído por la desaparición de cursos menores que dependen de aportes nivosos. Pero al avanzar el invierno, la situación tendió a comportarse de la forma esperada, con una aparente disminución de la densidad en La Engorda y un aumento en Paredones.

El patrón de variación del río Paredones fue similar al del río Blanco, considerando aquellos meses en que realizamos muestreo en ambos ríos. El río Blanco también presentó marcadas disminuciones de densidad en los meses de marzo y mayo, y máximo en junio y septiembre (Figura 42).

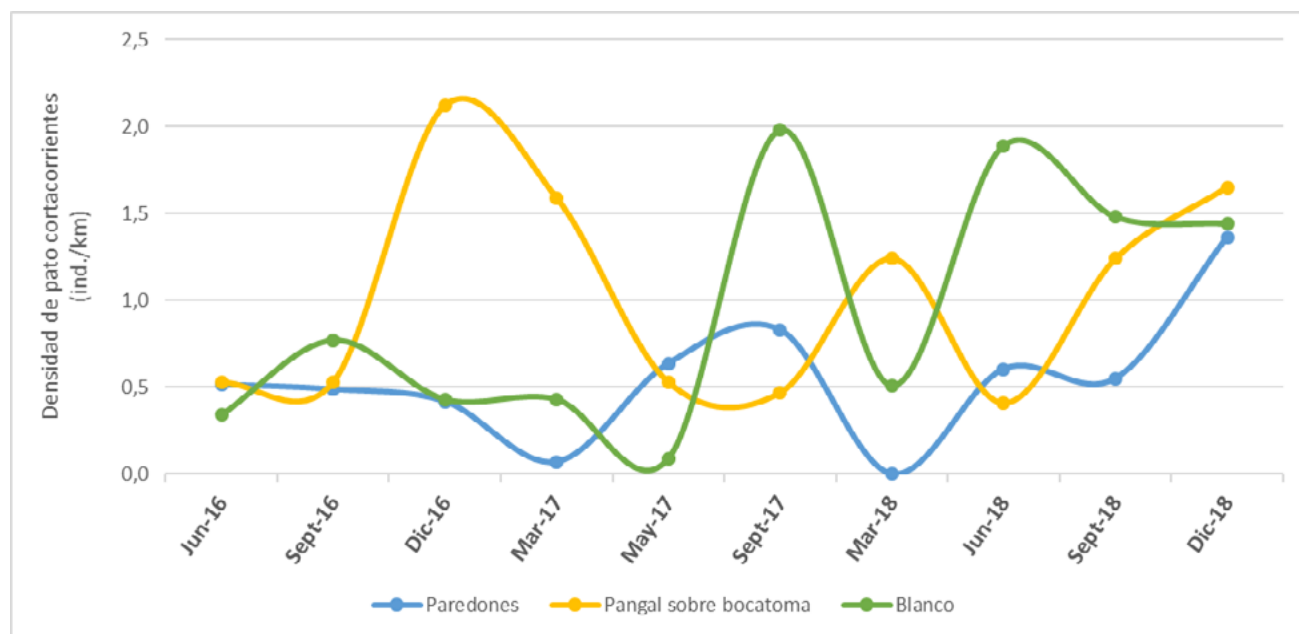


Figura 42. Densidad de patos cortacorrientes registrada durante el monitoreo de los ríos Pangal sobre bocatoma, Paredones y Blanco.

Por otra parte, entre junio de 2016 y junio de 2018, observamos un patrón de variación inverso de los ríos Paredones y Blanco, respecto del tramo sobre bocatoma del río Pangal, tramo este último aledaño al Paredones, sin intervención de su caudal y ubicado justo aguas abajo del Paredones y Blanco. Sin embargo, a partir de septiembre de 2018, los tres ríos presentaron un patrón de variación similar, caracterizado por el alza sostenida de densidad de patos.

Aunque no pudimos observar patrones claros y contrastables con los resultados del monitoreo mensual, observamos cierta interrelación que sugiere movimiento de individuos entre uno y otro río, posiblemente como respuesta a cambios estacionales

en las condiciones del hábitat asociados al caudal y sedimentos. Efectivamente, pareciera haber habido movimientos desde el río Paredones, el que estaría operando como río principal, hacia sus afluentes La Engorda y Flores, los que operarían como ríos secundarios.



Cada río tuvo un patrón particular en la dinámica de densidades de patos, a veces contrastantes, pero que están interconectados y que en conjunto operan como un solo gran sistema integrado que sostiene la población de pato cortacorrientes.

Extensión del río Cachapoal

Río Cachapoal Alto

Sobre el tramo monitoreado de manera mensual, incluimos el monitoreo extendido de un tramo adicional del río Cachapoal, sobre la desembocadura del río Cipresitos. Este tramo registró una baja

presencia de patos cortacorrientes (Figura 43), lo que atribuimos a que el río presentó un sedimento abundante y muy adherente, que cubría el lecho y que lo distinguió del resto de los ríos de la zona. Es

posible que este sedimento impidiera el desarrollo de los invertebrados de los que se alimenta el pato cortacorrientes y/o que interfiriera con el forrajeo. Así, sólo observamos presencia de patos en cuatro de las nueve campañas realizadas (44%), registrándose entre 1 y 4 individuos por campaña. Todos los registros se concentraron en el tramo inferior, a no más de 2,3 km aguas arriba de la desembocadura del río Cipresitos, el que presenta condiciones adecuadas para la especie.

De hecho, el 67% de los avistamientos los hicimos desde un punto de muestreo ubicado a 400 metros de la desembocadura del río Cipresitos. Aguas arriba del tramo donde avistamos patos, ocasionalmente observamos heces en unas pocas rocas isla. Esto nos sugirió que este tramo del río Cachapoal, aunque no presenta buenas condiciones para la especie, podría actuar como corredor hacia otros afluentes que serían hábitat adecuado al no presentar dicho sedimento.

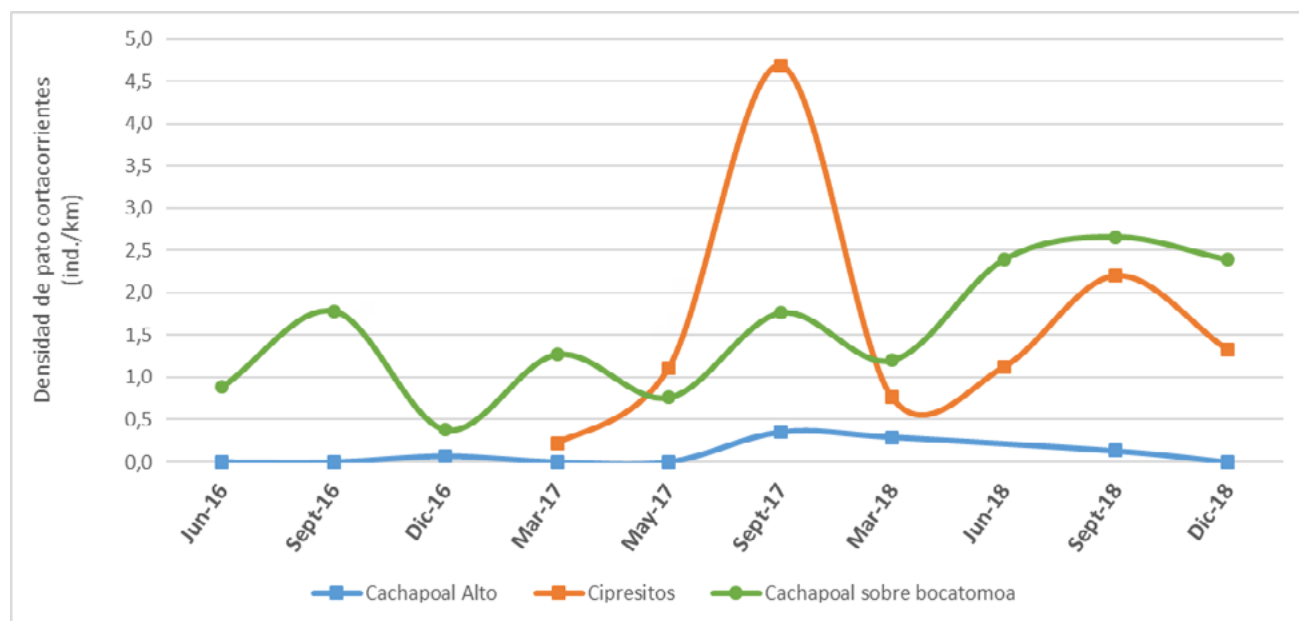


Figura 43. Densidad de patos cortacorrientes registrada durante el monitoreo extendido en el río Cachapoal, considerando el río Los Cipresitos y el tramo Cachapoal Alto (monitoreo extendido), y los resultados para los mismos meses en el tramo sobre la bocatoma Chacayes del río Cachapoal.



El tramo de río denominado Cachapoal Alto presentó una baja presencia de pato cortacorrientes, lo que podría atribuirse a la presencia permanente de sedimento abundante y adherente, el que cubre el lecho, lo que posiblemente impide el desarrollo de los invertebrados de los que se alimenta el pato y/o que interfiera con el proceso de forrajeo.

Estero Los Cipresitos

El estero Los Cipresitos es un afluente del río Cachapoal. Presenta caudal todo el año, aunque carece de glaciares en su cabecera. Es favorable como hábitat para pato cortacorrientes, y en él registramos individuos en el 100% de las campañas, por lo que podría ser un hábitat estival y zona de reproducción importantes. Presentó mínimos de densidad en marzo, y máximos en septiembre. En el resto de los meses observamos densidades intermedias. Su patrón de variación de densidad fue similar al que observamos en el tramo sobre la bocatoma Chacayes del río Cachapoal (Figura 43).

En septiembre de 2017, registramos un número inusualmente alto de patos en el estero Los Cipresitos, con 4,7 individuos/km (el máximo que le siguió fue 2,2 ind./km en septiembre de 2018). Este valor (Figura 44), el máximo registrado para cualquier río monitoreado, coincidió con la afectación del río Cortaderal por la obstrucción del desagüe de la laguna Pejerreyes, evento que causó movimiento de individuos hacia cursos de agua aledaños, incluido el estero Los Cipresitos. Esta situación, unida al aumento de densidad que también observamos en los ríos Las Leñas y Cipreses, nos aportó evidencia adicional respecto de la rápida capacidad de respuesta de la población de patos ante cambios en la disponibilidad de hábitat.

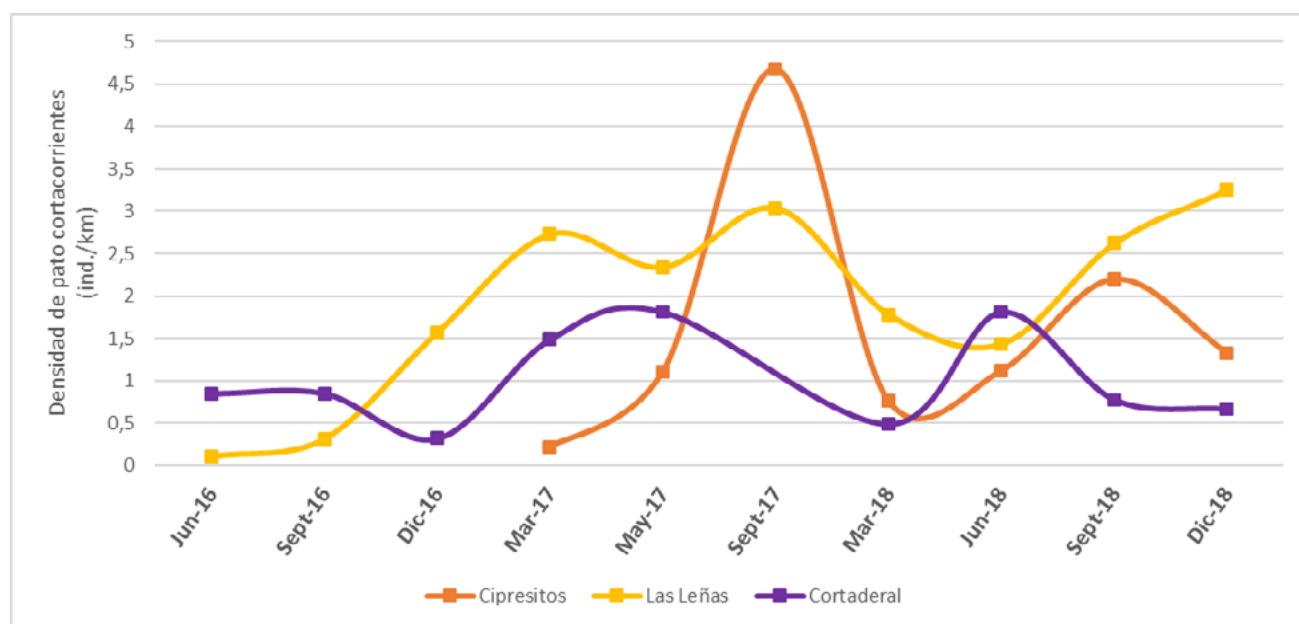


Figura 44. Densidad de patos cortacorrientes observada en el estero Los Cipresitos (monitoreo extendido), y los ríos Las Leñas y Cortaderal (monitoreo mensual).

Extensión del río Cipreses

El monitoreo extendido del río Cipreses consideró un tramo aguas arriba del último punto de muestreo mensual. Este tramo presentó presencia más estable de patos que el tramo monitoreado mensualmente (Figura 45), aunque esto pudo deberse a la longitud de ambos, abarcando 5,5 km el tramo mensual y 18 km

el tramo extendido. Durante los meses en que ambos tramos fueron muestreados, observamos un patrón de variación similar, con niveles máximos en diciembre. Sin embargo, lo limitado del período de monitoreo del tramo extendido nos impidió hacer inferencias sobre este aparente patrón.

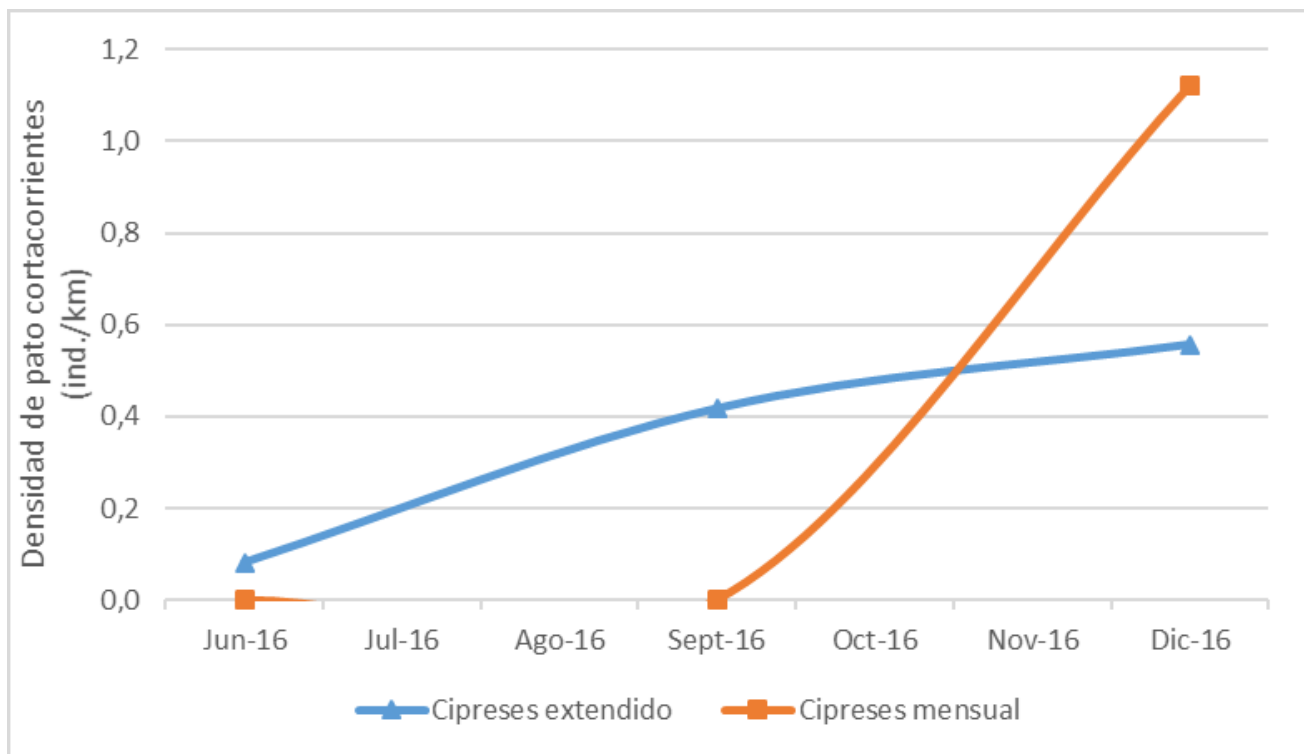


Figura 45. Densidad de patos cortacorrientes en los tramos considerados para el monitoreo extendido y mensual del río Cipreses.

Extensión del río Cortaderal

En el monitoreo extendido del río Cortaderal tuvimos numerosos problemas de acceso debido al corte de los pasos. Por ello, este río lo muestreamos solo en dos ocasiones, en septiembre de 2016, cubriendo los 18,8 km, y registrando una densidad de 0,42 individuos/km, y en septiembre de 2018, muestreando 7,3 km, y registrando una densidad de 0,41 individuos/km.

Cuando contrastamos estos valores con su correlato del monitoreo mensual en el río Cortaderal (Figura 46), observamos que el tramo monitoreado mensualmente presentó densidades sustancialmente más altas; y que ninguno de los dos tramos presentó una variación marcada entre ambos muestreos.

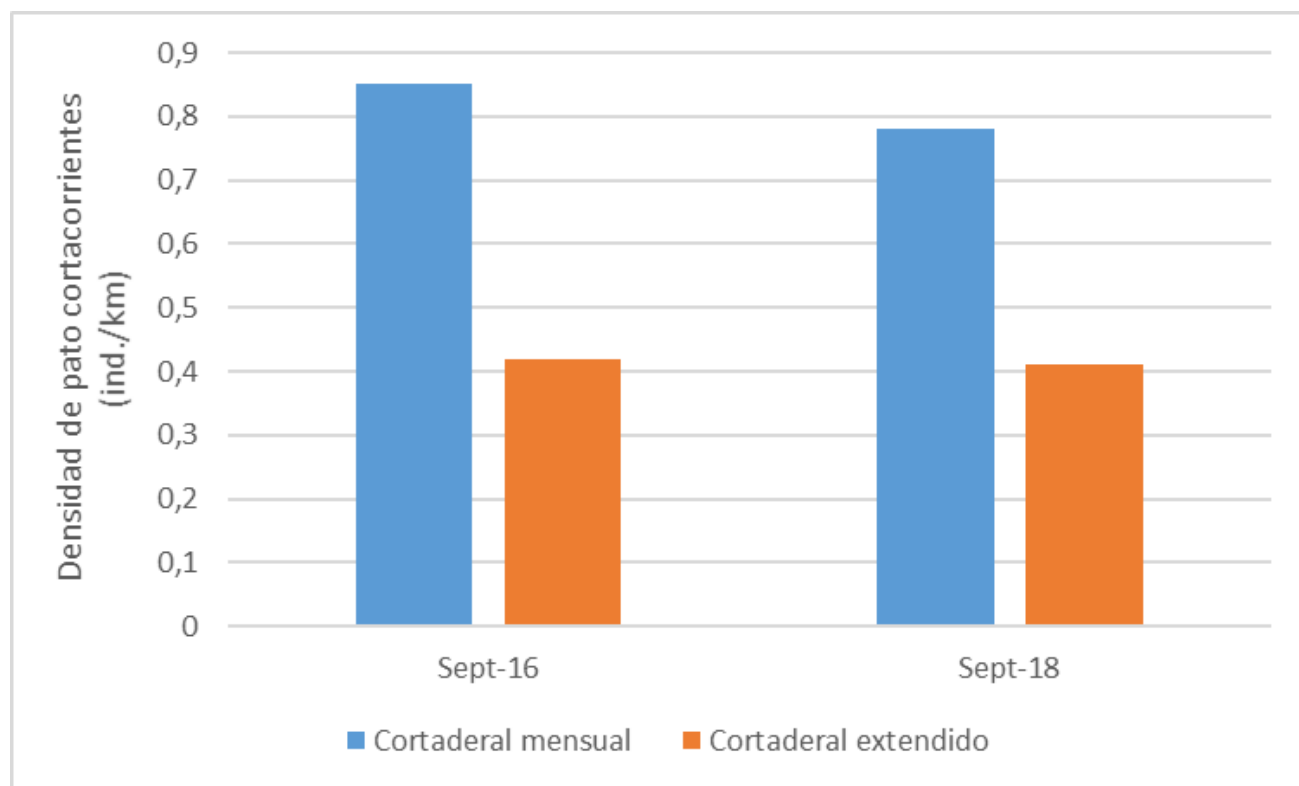


Figura 46. Densidad de patos cortacorrientes en los tramos del monitoreo extendido y mensual en el río Cortaderal, para meses equivalentes.

La baja densidad que registramos en el tramo superior cubierto en el monitoreo extendido, la atribuimos, al menos en parte, a que aproximadamente 3,7 km de

éste corresponden a la laguna Pejerreyes, un tramo de río con un marcado carácter léntico y de mala calidad como hábitat para la especie.

Dinámica en cursos menores

Los cursos de agua menores que seleccionamos para el estudio los muestreamos de manera mensual durante 2019, utilizando la misma metodología usada entre 2007 y 2018 para el monitoreo mensual de los cursos principales. Realizamos 12 muestreos, uno por mes, en cada uno de los esteros menores seleccionados.

Un elemento que complicó el muestreo, fue el avance a pie, en ocasiones sin senderos definidos, con una importante inversión de tiempo, sobre todo al inicio del estudio, cuando no se había identificado los mejores accesos. Por ello, durante los primeros

meses los ríos los muestreamos avanzando por el lecho, con poca visibilidad y alta probabilidad de que los patos escaparan al detectarnos antes de que los registráramos. Por ello, los datos que generamos entre enero y mayo de 2019 los consideramos con cautela, puesto que pueden haber subestimado la abundancia de la especie. A partir de junio de 2019, contamos con rutas de muestreo adecuadas, avanzando de forma paralela a los ríos, lo que nos permitió observar desde una distancia más favorable para evaluar la presencia de patos.

Para la interpretación de los resultados es importante distinguir entre la fase de ajuste del muestreo, entre enero y mayo de 2019, y la de muestreo definitivo a partir de junio (Figura 47). Esta última fase la

consideramos una mejor aproximación a la densidad real de la especie, y la usamos para la comparación con los patrones estacionales de los ríos principales entre 2007 y 2018.

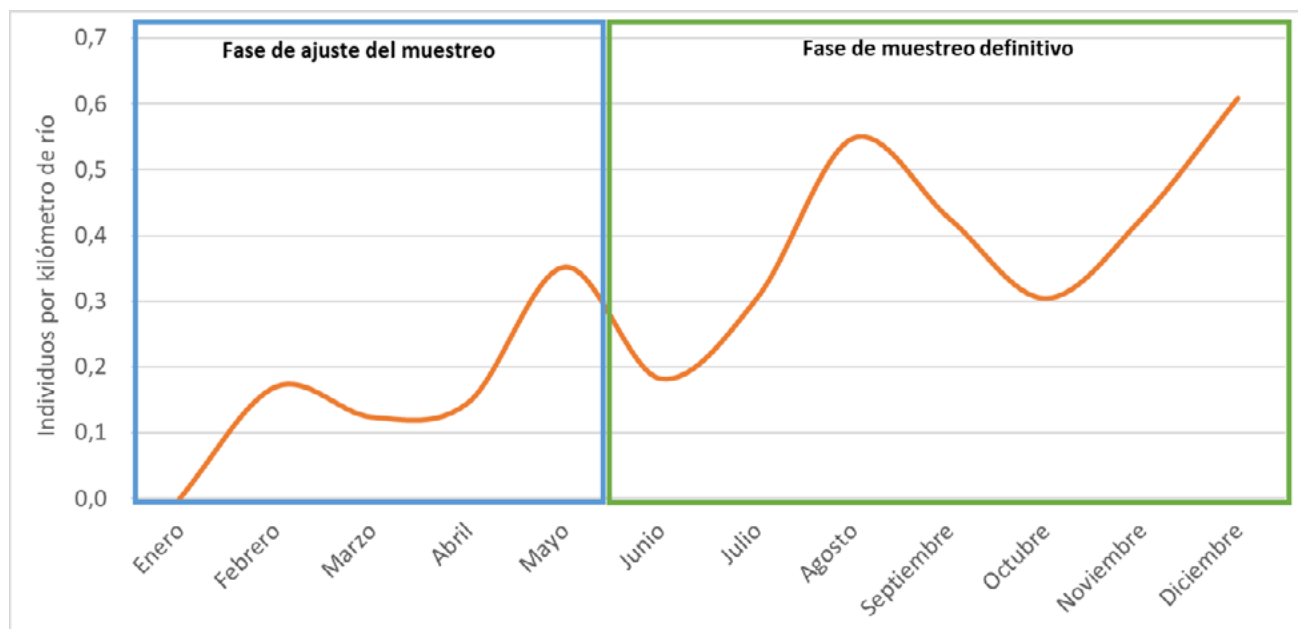


Figura 47. Densidad de patos cortacorrientes en los cursos de agua menores, año 2019

Fase de ajuste del monitoreo

Como señalamos, las primeras campañas las realizamos muestreando por el lecho de los ríos, de manera de maximizar la cobertura y eficiencia del muestreo. De forma simultánea fuimos identificando rutas alternativas, que permitieran avanzar de forma paralela al lecho del río, manteniendo una adecuada visibilidad del curso de agua. Sin embargo, el muestreo avanzando por el lecho del río, si bien permitió cubrir los tramos completos, implicó una baja visibilidad por estar al mismo nivel del río, e implicó que el desplazamiento lo realizáramos muy cerca de los patos, con alta probabilidad de escape antes de que los detectáramos. Cabe recordar que el pato cortacorrientes es tímido y huye al detectar presencia humana, incluso a distancias superiores a 200 metros.

En este contexto, los resultados iniciales nos indicaban una densidad muy baja. En efecto, entre enero y marzo, la densidad promedio registrada fue de 0,1 ind./km, un valor en extremo bajo comparado con el promedio de los ríos principales entre 2007 y 2018 para los mismos meses (0,5 ind./km). Sólo observamos valores similares de densidad en los ríos principales luego de las grandes crecidas otoñales. Además, según nuestra hipótesis de trabajo, en este período se debería haber observado densidades relativamente altas en los esteros menores, coincidiendo con las mínimas densidades en los ríos principales.

Si bien esta información podría haber sugerido que nuestra hipótesis de trabajo era errada, la mala visibilidad sugería sesgos por efecto de la metodología de muestreo. En efecto, en la campaña de enero, en que no observamos patos, registramos un elevado número de heces frescas. Los resultados del monitoreo en ríos principales que realizamos entre 2007 y 2018, sugerían que la presencia de heces frescas era un buen predictor de la abundancia de patos. Así fue como entre 2007 y 2018 registramos las heces frescas en los puntos de muestreo de los ríos principales como un indicador complementario de la abundancia de patos. Efectivamente, el indicador “proporción de puntos de muestreo con presencia de heces frescas”, presentó una elevada correlación con la densidad de patos observada a nivel mensual en los ríos principales (R de Pearson 0,65; $p < 0,001$; $R^2 = 0,43$; Figura 48), por lo que lo consideramos como un predictor relativamente bueno de la abundancia de pato cortacorrientes.

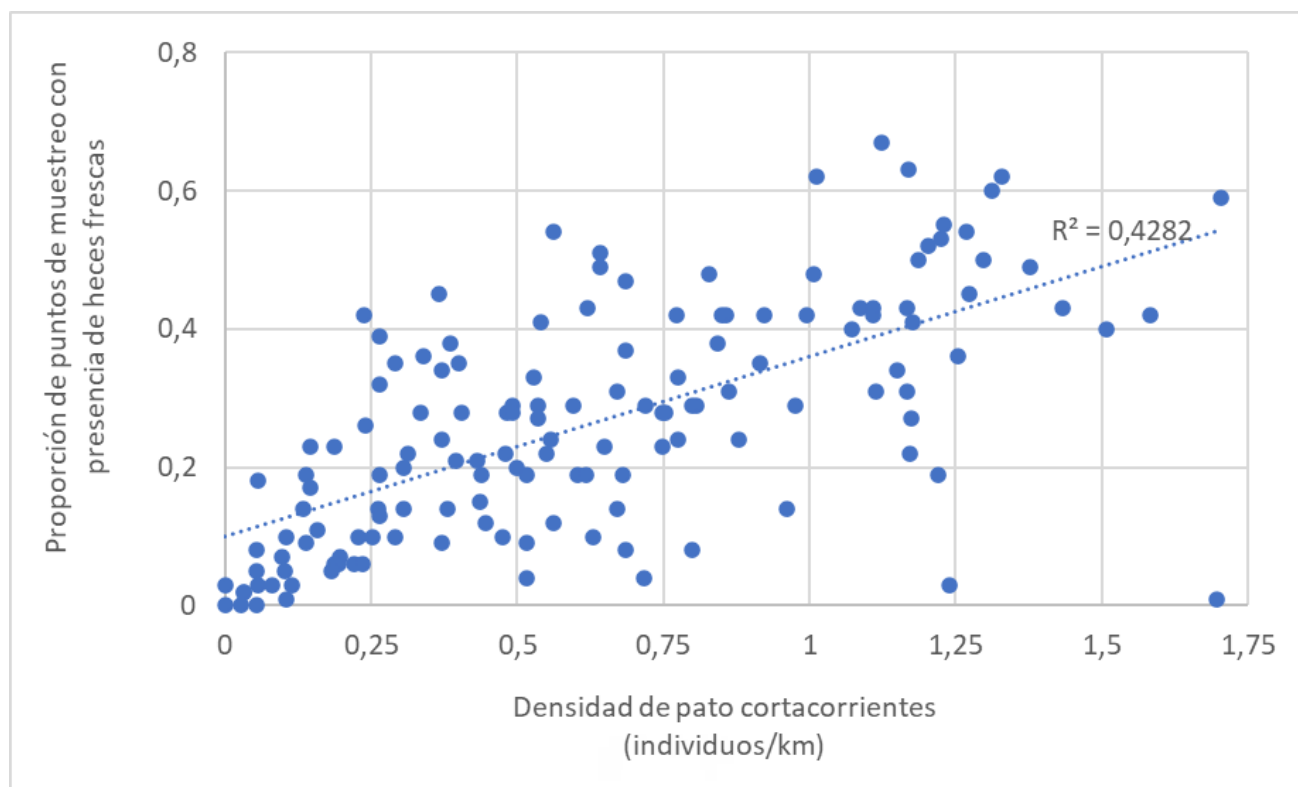


Figura 48. Relación entre la proporción de puntos de muestreo con presencia de heces frescas de pato cortacorrientes, y la densidad cuantificada a través del avistamiento directo de individuos. Se considera 144 recuentos mensuales, realizados entre enero de 2007 y diciembre de 2018 en los ríos Principales.



Existe una elevada correlación positiva entre la presencia de heces frescas de pato cortacorrientes y su densidad, por lo cual la presencia de heces sobre las rocas es un buen predictor de su presencia y abundancia en el río.

Así, en el período enero-junio de 2019, los indicadores % de puntos de muestreo con heces frescas y número de heces frescas por kilómetro visible de río (densidad de heces) en los cursos menores, nos sugirieron que,

al menos en enero, la actividad de patos fue elevada (Figura 49), a pesar de que no los avistamos.

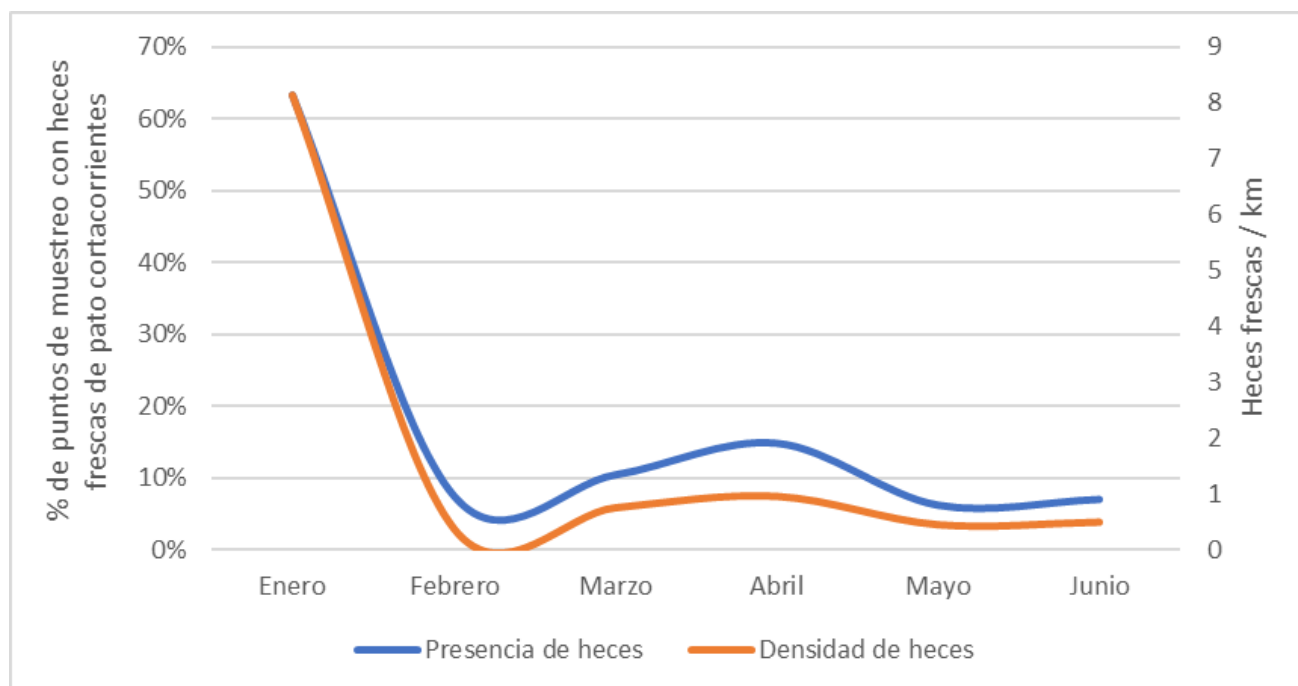


Figura 49. Indicadores de abundancia de pato cortacorrientes según la presencia y cantidad de heces frescas registradas durante las campañas de monitoreo de la fase de ajuste de 2019 en cursos de agua menores.

Ambos indicadores disminuyeron considerablemente en febrero, manteniéndose relativamente estables hasta junio. Este patrón fue parecido en todos los cursos menores muestreados (Figura 50, recuadro

"a"), aunque difirió en cuanto a la densidad de heces. La quebrada El Torno presentó una densidad de heces mucho mayor a la del resto de los cursos monitoreados (Figura 50, recuadro "b").

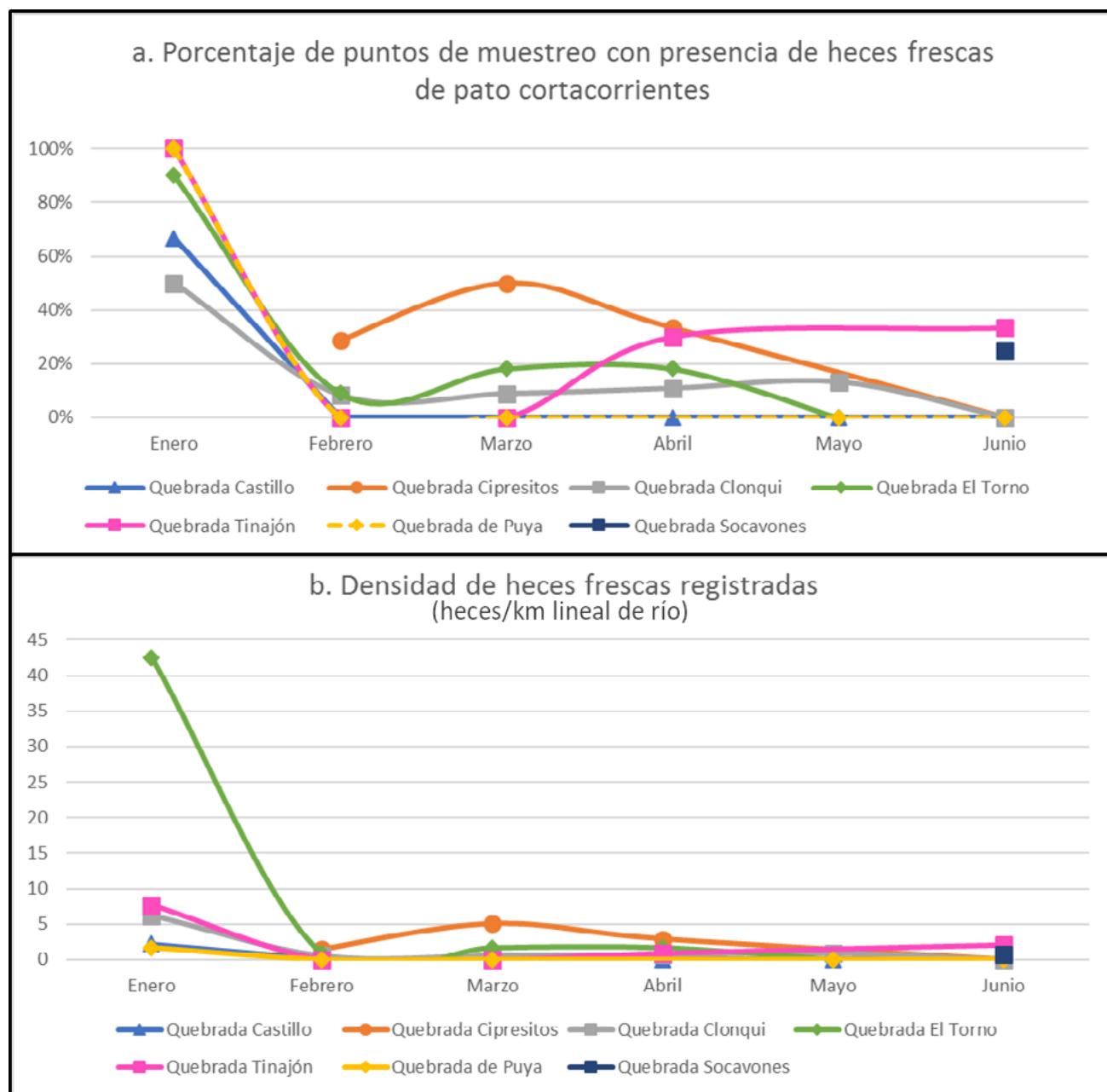


Figura 50. Abundancia de patos cortacorrientes según la presencia y cantidad de heces frescas entre enero y junio de 2019 en los cursos de agua menores.

Así, al contrario de lo que nos sugería el avistamiento directo de individuos para el mismo período, en que su densidad fue muy baja, los resultados de presencia de heces frescas en 2019 coincidieron parcialmente con el patrón esperado según nuestra hipótesis de trabajo, la que proponía que en los cursos menores se debería observar un patrón inversamente proporcional al de los ríos principales monitoreados entre 2007 y 2018. Según esto, enero debería ser el mes con máxima abundancia de patos en los cursos menores, coincidiendo con el mínimo en los ríos principales. A partir de febrero, esperábamos una disminución de la abundancia en los cursos menores, los que comenzaban a secarse, y una concentración de patos en los ríos principales.

A partir de marzo extremamos los esfuerzos por identificar rutas adecuadas para el monitoreo, lo que nos resultó difícil debido a la ausencia de senderos, a las pendientes y a la densa cobertura vegetal. Recién en abril terminamos de ajustar las rutas alternativas para realizar el monitoreo.

Al momento de la selección de los ríos, no contábamos con información cuantitativa sobre su régimen de caudal. Al iniciar las campañas, vimos que algunos de los ríos seleccionados no presentaban buenas condiciones para los objetivos del estudio, o que presentaban complejidades logísticas para su monitoreo. Por ello tuvimos que descartar algunos cursos, incluido el de la quebrada El Torno, donde habíamos detectado una alta densidad de heces en enero. Como alternativa a partir de junio de 2019

incorporamos la quebrada “Socavones”. Así, a partir de la campaña de junio estructuramos el monitoreo en su forma definitiva, sin cambios en la metodología, rutas de monitoreo y cuencas evaluadas.

Los posibles sesgos asociados al ajuste metodológico y a cambios en los cursos de agua monitoreados, nos sugerían que los resultados de la fase de ajuste y la fase definitiva no eran comparables. Ante la posible subestimación de la densidad de la especie entre enero y mayo de 2019, y dada la importancia de estos resultados para determinar la validez de la hipótesis de trabajo, los resultados de la fase de ajuste del monitoreo no los consideramos para evaluar la relación entre el patrón estacional que observamos en cursos de agua menores en 2019 y el que registramos en ríos principales entre 2007 y 2018.

Fase de monitoreo definitivo

Considerando sólo la fase de monitoreo definitivo (junio a diciembre de 2019), la densidad promedio mensual de pato cortacorrientes alcanzó los 0,4 ind./km, un valor mucho más alto que el que registramos en la fase de ajuste (0,1 ind./km), y más cercano al promedio histórico para el período equivalente en los ríos principales que monitoreamos entre 2007 y 2018 (0,6 ind./km). En este período, los distintos cursos de agua hicieron distintos aportes a la densidad total (Tabla 9; Figura 51).

En este contexto, los resultados iniciales nos indicaban una densidad muy baja. En efecto, entre enero y marzo, la densidad promedio registrada fue de 0,1 ind./km, un valor en extremo bajo comparado con el promedio de los ríos principales entre 2007 y 2018 para los mismos meses (0,5 ind./km). Sólo observamos valores similares de densidad en los ríos principales luego de las grandes crecidas otoñales. Además, según nuestra hipótesis de trabajo, en este período se debería haber observado densidades relativamente altas en los esteros menores, coincidiendo con las mínimas densidades en los ríos principales.

Tabla 9. Resumen de resultados del monitoreo de pato cortacorrientes en cursos de agua menores realizado durante la fase definitiva 2019.

Curso de agua	Distancia visible (m)	Densidad promedio período junio-diciembre (ind./km)	Porcentaje de campañas con presencia de pato cortacorrientes
Quebrada Socavones	1.513	1,51	42,9%
Estero Clonqui	5.500	0,49	85,7%
Quebrada Cipresitos	1.381	0,41	57,1%
Quebrada Puya	2.431	0,24	42,9%
Quebrada Tinajón	3.384	0,13	28,6%
Quebrada Castillo	2.238	0,00	0,0%
Resultados agregados	17.647	0,40	100,0%

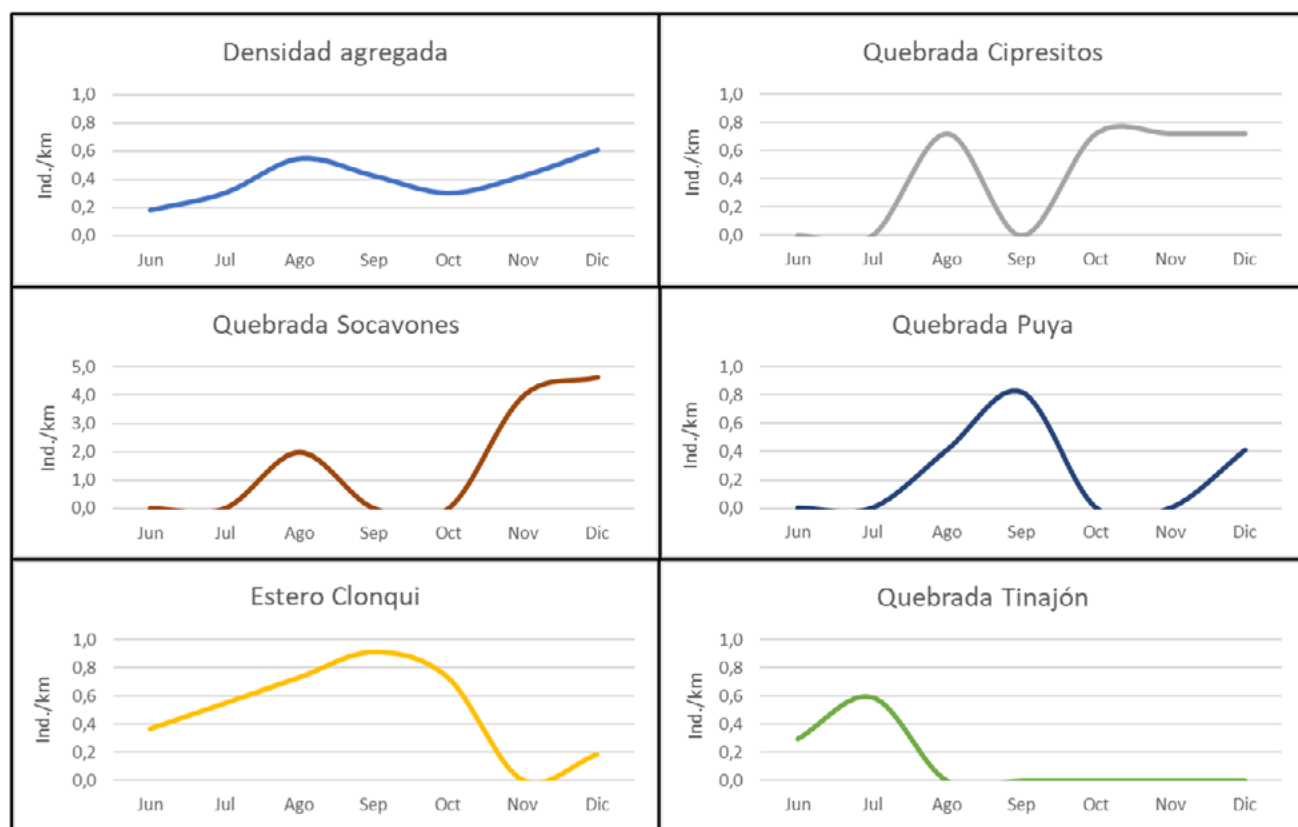


Figura 51. Densidad de patos cortacorrientes por curso de agua menor monitoreados durante el año 2019. Período junio a diciembre (fase de monitoreo definitivo).

La quebrada Socavones (Figura 4) presentó la mayor densidad promedio para el período, con 1,5 ind./km, sin embargo, sólo tuvo presencia de patos en el 43% de las campañas para el período. La alta densidad promedio se dio por una elevada densidad en los meses en que detectamos la especie y por el registro de reproducción. Ésta es una quebrada con alta pendiente, en que monitoreamos un tramo relativamente corto (1,5 km), pero con una inversión de tiempo considerable para llegar a la quebrada y avanzar por ésta.

El estero Clonqui (Figura 4) fue el curso de agua con mayor actividad de patos, considerando tanto la densidad promedio (0,5 ind./km) como la presencia (86% de las campañas). Además, fue el tramo más extenso que monitoreamos, con 5,5 km, y el curso con mayor caudal y más estable durante el monitoreo. En este curso observamos una caída importante en la densidad a partir de noviembre.

En la quebrada Castillo (Figura 4) no registramos patos en ninguna de las campañas realizadas.

No disponemos de elementos suficientes para explicar las diferencias de presencia de patos en los cursos menores monitoreados. Hay que considerar la sequía extrema de los últimos años, y particularmente durante 2019, la que pudo haber modulado la presencia de la especie en los cursos menores. Nuestra hipótesis de trabajo proponía que el caudal en los ríos principales es predictor de la disponibilidad de hábitat

en cauces menores, que dependen del aporte de nieve acumulada durante el otoño e invierno. Sin embargo, en un contexto de prolongada sequía en Chile central, el año 2019 fue particularmente seco. La sequía posiblemente afectó los caudales de los cursos de agua, sobre todo de aquellos que dependen de aportes nivosos. Durante 2019 el aumento de caudal durante la temporada primavera-verano fue marcadamente menor que el registrado en años anteriores en todas las estaciones pluviométricas disponibles en el área de estudio (Figura 52).



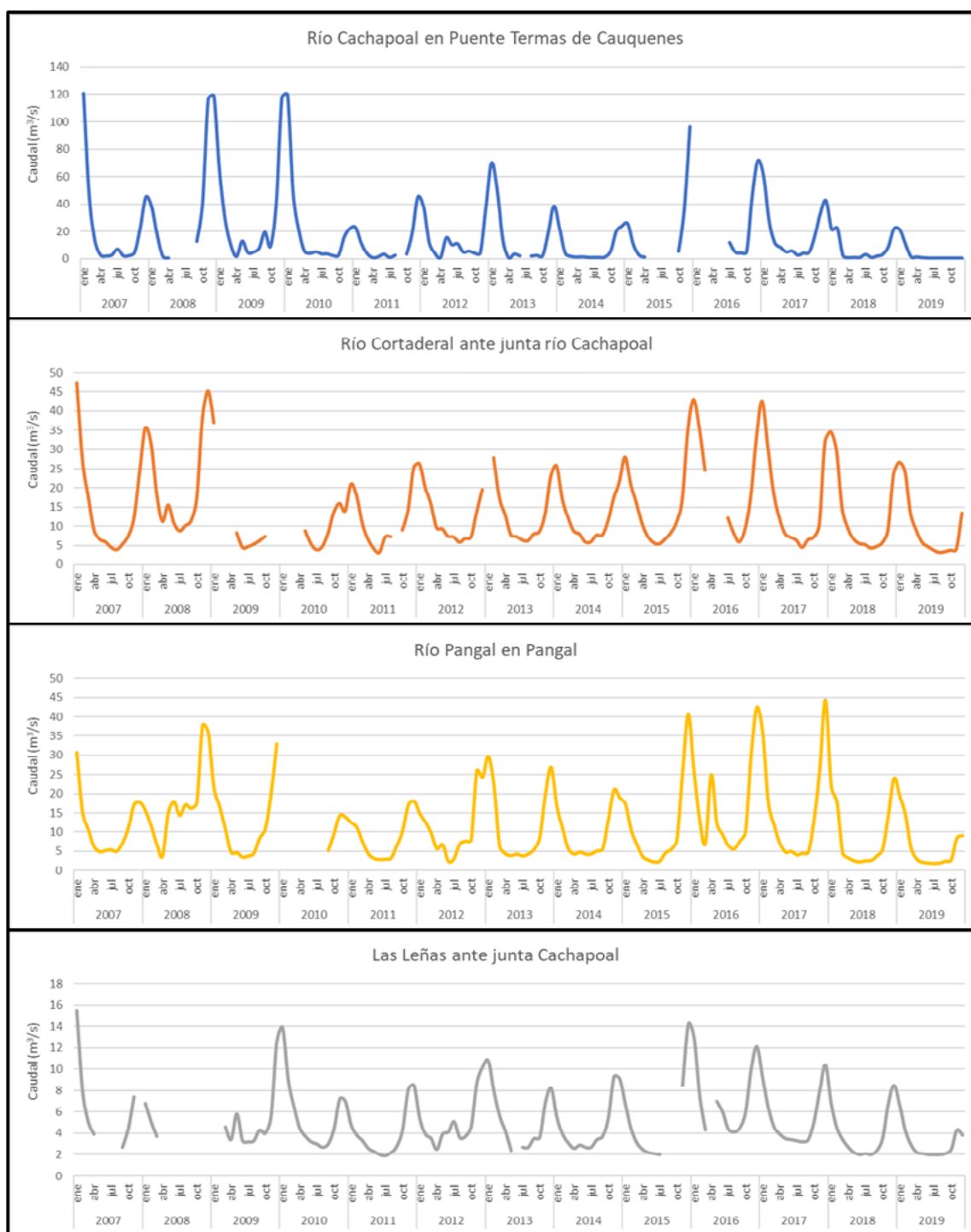


Figura 52. Variación del caudal de los ríos principales en cuatro estaciones de monitoreo en el área de estudio.



La prolongada y extrema sequía que ha afectado a Chile central, ha tenido un fuerte impacto en la vegetación natural y en el caudal de los ríos. Esto ha sido muy marcado en los cursos menores, lo que impacta a su vez a los patos cortacorrientes que ocupan esteros y pequeños ríos sin aporte glacial y alimentados por el derretimiento de la nieve durante la primavera y principios de verano. En la imagen se aprecian bosques de peumo afectados por la sequía en la cuenca del río Pangal.

En un año normal, en esta ecorregión se observa un marcado aumento de los caudales desde fines de agosto, producto del derretimiento progresivo de nieve y hielo acumulados durante el invierno. En 2019, el depósito de nieve fue en extremo bajo como consecuencia de las escasas precipitaciones. Esto se tradujo en bajos caudales, especialmente en cursos menores, que carecen de aportes glaciales en su cabecera y dependen principalmente de aportes nivosos. Destacó el caso del estero Clonqui, en donde

observamos un notorio crecimiento de algas a partir de noviembre, lo que se asocia a una disminución de la velocidad del agua y a un aumento de su temperatura, lo que pudo afectar su calidad como hábitat para pato cortacorrientes, coincidiendo con una caída abrupta en la densidad de patos en este río. La escasa pendiente en el tramo monitoreado, el alza de temperatura, la proliferación de algas y la disminución de oxígeno, limitan el desarrollo de invertebrados de los que se alimenta el pato cortacorrientes.

Relación entre cursos menores y ríos principales

Como vimos en los capítulos anteriores, la densidad promedio de patos cortacorrientes en los ríos principales, entre 2007 y 2018, presentó un mínimo en los meses de diciembre y enero, un aumento progresivo entre febrero y mayo, máximos entre mayo y julio, y una declinación progresiva hasta los mínimos anuales en diciembre. Como señalábamos, este patrón podría deberse al movimiento de individuos desde y hacia cursos menores, hecho modulado por la disponibilidad de hábitat y la conducta de la especie. En invierno ocurre una contracción del hábitat disponible para la

especie, producto de la disminución de los aportes de agua y del depósito de nieve y hielo. Hacia fines del invierno, las reservas de nieve y hielo comienzan a derretirse, lo que implica un aporte a los cursos de agua, los que aumentan progresivamente su caudal junto con el aumento de las temperaturas. A medida que avanza el verano se van agotando las reservas de nieve, hasta el comienzo del estiaje, cuando el aporte de agua disminuye ostensiblemente. Esta dinámica se refleja en los caudales de los ríos principales.

En nuestro estudio propusimos que esta variación estacional de caudales y de disponibilidad de hábitat, es el principal modelador de la variación mensual en la densidad de pato cortacorrientes, lo que operaría en conjunto con algunos atributos de la biología de la especie, asociados principalmente a su conducta reproductiva. Así, en invierno, fuera de la estación reproductiva, al ocurrir la contracción del hábitat disponible, se relaja la conducta territorial y es posible la concentración de individuos en los ríos principales. Al ocurrir la expansión del hábitat disponible, con el aumento de caudales, hacia fines de agosto, se inicia la temporada reproductiva de la especie, aumentando considerablemente la conducta territorial, en la

medida que las parejas reproductoras se dispersan y comienzan a establecer sus territorios para nidificar.

Los resultados de nuestro estudio sustentaban parcialmente esta hipótesis. En efecto, en el monitoreo de cursos menores realizado en 2019, observamos un patrón de variación de la densidad que parte de un mínimo en junio, luego de lo cual aumenta progresivamente hasta un máximo en diciembre. Es decir, observamos una relación inversa estadísticamente significativa entre la densidad registrada en 2019 en cursos de agua menores y la densidad promedio histórica en ríos principales entre 2007 y 2018 (Figura 53).

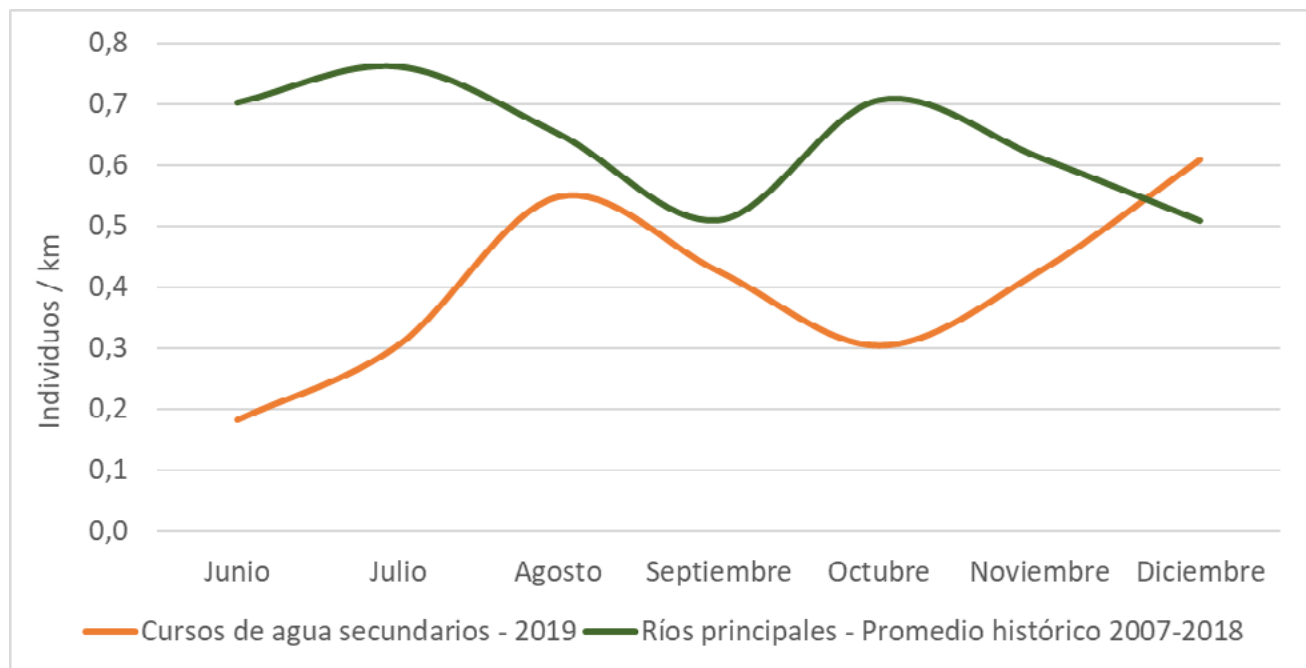


Figura 53. Densidad mensual de patos cortacorrientes en cursos de agua menores durante 2019, y para un período equivalente considerando los resultados históricos del monitoreo de ríos principales entre 2007 y 2018.



A partir de enero-febrero, comienza a disminuir ostensiblemente el caudal en los cursos menores, lo que obliga a los patos a trasladarse y concentrarse en los ríos principales.

Como señalamos, el año 2019 fue en extremo seco, lo que posiblemente comprometió la calidad de los cursos de agua menores como hábitat para la especie. Por ello, no se puede asegurar que la situación que observamos hubiese sido representativa de lo ocurrido en años anteriores. Además, estábamos comparando la situación puntual del año 2019 en los cursos

menores, con el promedio histórico 2007-2018 de los cursos principales, promedio este último influido por crecidas periódicas que provocaron una disminución sustancial de la población, y por un patrón intra anual de variación estacional. En efecto, hubo variación entre los distintos años, al punto que, si se compara los resultados del monitoreo de cursos menores en 2019,

con los resultados del monitoreo de ríos principales en 2018 son relativamente distintos entre sí y que no se los años 2017 y 2018 (Figura 54), se observa que 2017 y 2018 observa correlación con los resultados de 2019.

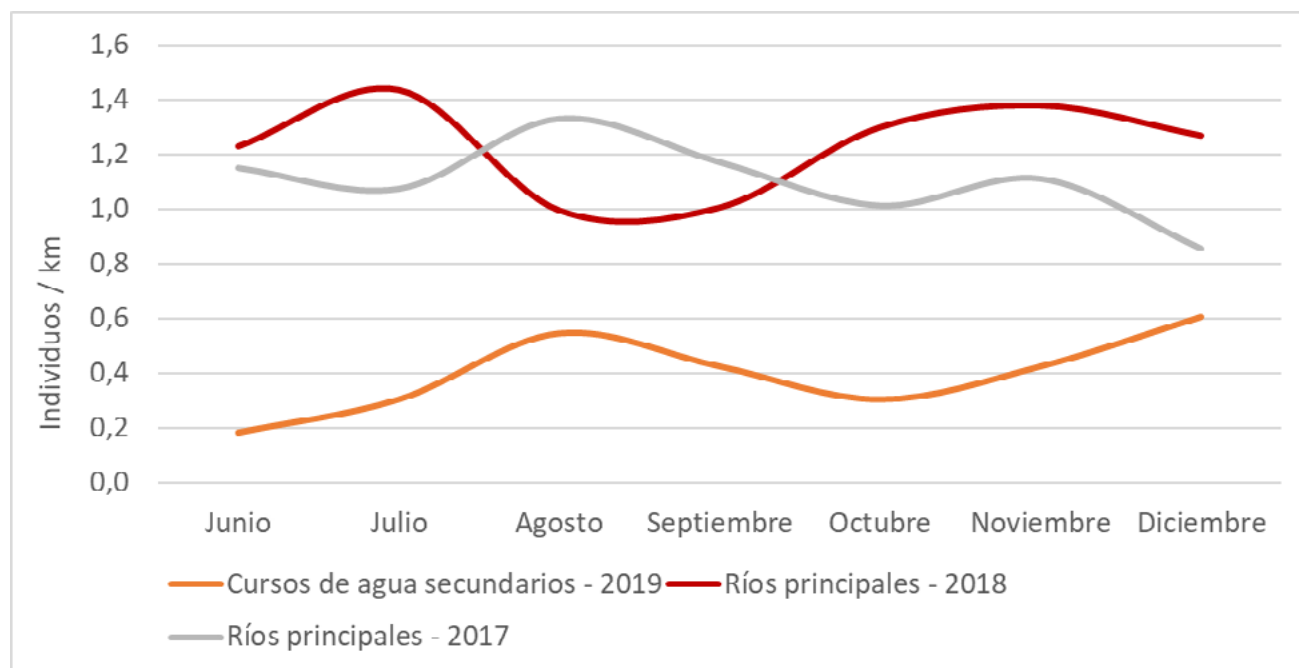


Figura 54. Densidad mensual de pato cortacorrientes en cursos de agua secundarios durante 2019, y para un período equivalente considerando los resultados del monitoreo de los ríos principales en los años 2017 y 2018.

De la dificultad de comparar un año en particular (2019), con un promedio histórico (2007-2018) con alta variación interanual y procesos que modulan la hidrología de los ríos, como fue la extendida sequía en Chile central, se planteó la conveniencia de reformular el monitoreo. Así, para el año 2020 consideramos mediciones simultáneas en ríos principales y cursos

menores, cuantificando directamente su correlación, sin tener que recurrir a comparaciones con promedios históricos y/o años que pueden haber tenido condiciones climáticas particulares, con un potencial efecto sobre la densidad de la especie y su variación intra anual.

Relación entre cursos menores y ríos principales durante 2020

Durante el año 2020, el monitoreo lo replanteamos con el objetivo de obtener información de los cursos menores y los ríos principales de manera simultánea. Para ello replicamos las metodologías empleadas en los cursos principales entre 2007 y 2018 y en los cursos menores en 2019. Así fue como en el período enero a diciembre de 2020, realizamos seis campañas de monitoreo, durante los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre. La frecuencia de monitoreo la ajustamos a bimestral (cada dos meses). Así, en cada campaña destinamos una semana del

monitoreo para los ríos principales y una semana para los cursos menores, procurando que los muestreos se realizaran de manera simultánea o en semanas sucesivas, considerando equipos independientes, para de esta forma reducir eventuales sesgos temporales por cambio climáticos o en las condiciones de los ríos. En todas las campañas pudimos acceder a todos los puntos de muestreo, tanto en los ríos principales como en los cursos menores.

En términos generales, en el período 2020 registramos densidades mucho más altas en los ríos principales que en los cursos menores (Figura 55, Tabla 10). En los ríos principales, la densidad agregada promedio para 2020 fue de 1,3 ind./km, lo que fue aproximadamente 4,6 veces mayor que el promedio agregado para cursos menores (0,3 ind./km).

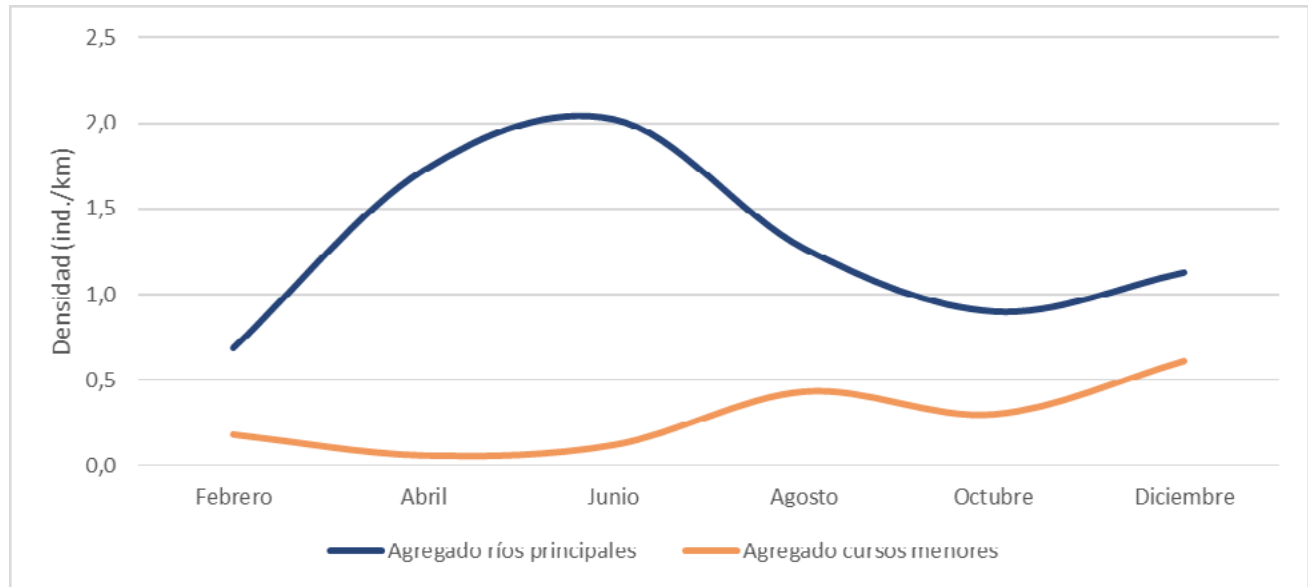


Figura 55. Densidad agregada de patos cortacorrientes en los ríos principales y en los cursos menores durante el 2020.

Tabla 10. Resultados de densidad de patos cortacorrientes (ind./km) para las campañas realizadas en el período enero – diciembre de 2020.

Campaña 2020							
Curso de agua	Febrero	Abril	Junio	Agosto	Octubre	Diciembre	Promedio período
Ríos principales							
Río Cortaderal	0,90	3,15	3,39	2,81	1,12	1,80	2,29
Río Cachapoal	0,76	2,49	2,76	1,87	1,07	1,11	1,68
Río Pangal	0,59	2,26	2,01	1,34	0,67	1,09	1,33
Río Las Leñas	0,52	0,52	0,21	0,00	1,36	1,78	0,73
Río Blanco	0,85	0,42	1,36	0,51	0,60	0,60	0,72
Río Cipreses	0,18	0,00	0,54	0,00	0,18	0,18	0,18
Agregado ríos principales	0,68	1,72	2,02	1,27	0,90	1,13	1,29
Cursos menores							
Quebrada Castillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quebrada Cipresitos	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45	2,17	0,60
Estero Clonqui	0,18	0,18	0,36	1,09	0,36	0,18	0,39
Quebrada Tinajón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quebrada de Puya	0,82	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,21
Quebrada Socavones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	3,97	0,77
Agregado cursos menores	0,18	0,06	0,12	0,43	0,30	0,61	0,28

Tal como esperábamos, en los ríos principales la densidad de patos aumentó sostenidamente desde la medición de febrero, para alcanzar su máximo en junio. A partir de dicho mes, observamos una disminución importante de la densidad, la que, a partir de agosto, cayó considerablemente y se mantuvo en niveles

bajos hasta diciembre.

Al mismo tiempo en los cursos menores, desde febrero observamos una disminución importante de la densidad de patos en las campañas de abril y junio. A partir de agosto observamos un aumento

considerable de la densidad, la que cayó levemente en octubre, pero luego alcanzó el máximo del período en diciembre.

Así, entre febrero y junio observamos una tendencia al alza de la densidad de patos en los ríos principales, a la vez que una tendencia a la baja en los cursos menores. Desde agosto esta situación se invirtió, con una densidad que tendió a disminuir en los ríos principales,

manteniéndose en niveles bajos hasta diciembre, mientras que en los cursos menores aumentó considerablemente, alcanzando los máximos anuales en diciembre (Figura 56). Por lo tanto, los patrones registrados respaldaron nuestra hipótesis respecto de una relación inversa en la densidad de patos en ríos principales y cursos menores, aunque dicha relación inversa no resultó ser estadísticamente significativa.

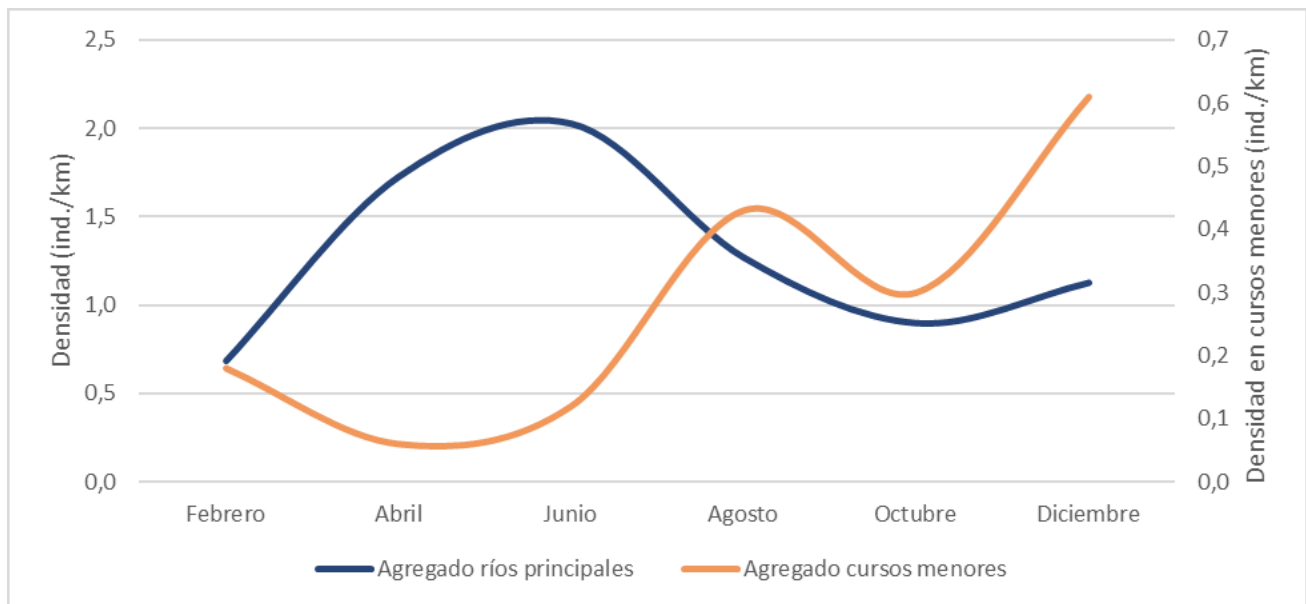


Figura 56. Densidad agregada de patos cortacorrientes en los ríos principales y en los cursos menores, período enero a diciembre de 2020. Para una mejor comparación de los patrones de variación, se usó dos ejes de manera de comparar ambas curvas, las que tienen magnitudes distintas.

Dinámica poblacional hasta 2020

Ríos principales

Recordemos que el muestreo mensual de patos cortacorrientes en los ríos principales se llevó a cabo de forma mensual entre 2007 y 2018. En 2019 en tanto, la caracterización la enfocamos en los cursos menores. Luego, en 2020, retomamos el monitoreo en los cursos principales, en paralelo con los cursos menores, pero

con una frecuencia de muestreo cada dos meses. Por ello, para analizar los resultados de 2020, integrados a la serie histórica 2017-2018, utilizamos los datos de dicha serie correspondientes a febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre, que fueron los meses en que muestreamos de forma bimensual en 2020.

Al analizar en detalle los resultados de 2020 en los ríos principales (Figura 57), observamos que el río Cortaderal presentó la máxima densidad promedio para 2020, con 2,3 ind./km. Le siguieron en importancia

los ríos Cachapoal (1,7 ind./km) y Pangal (1,3 ind./km). El resto de los cursos de agua presentaron valores bastante más bajos.

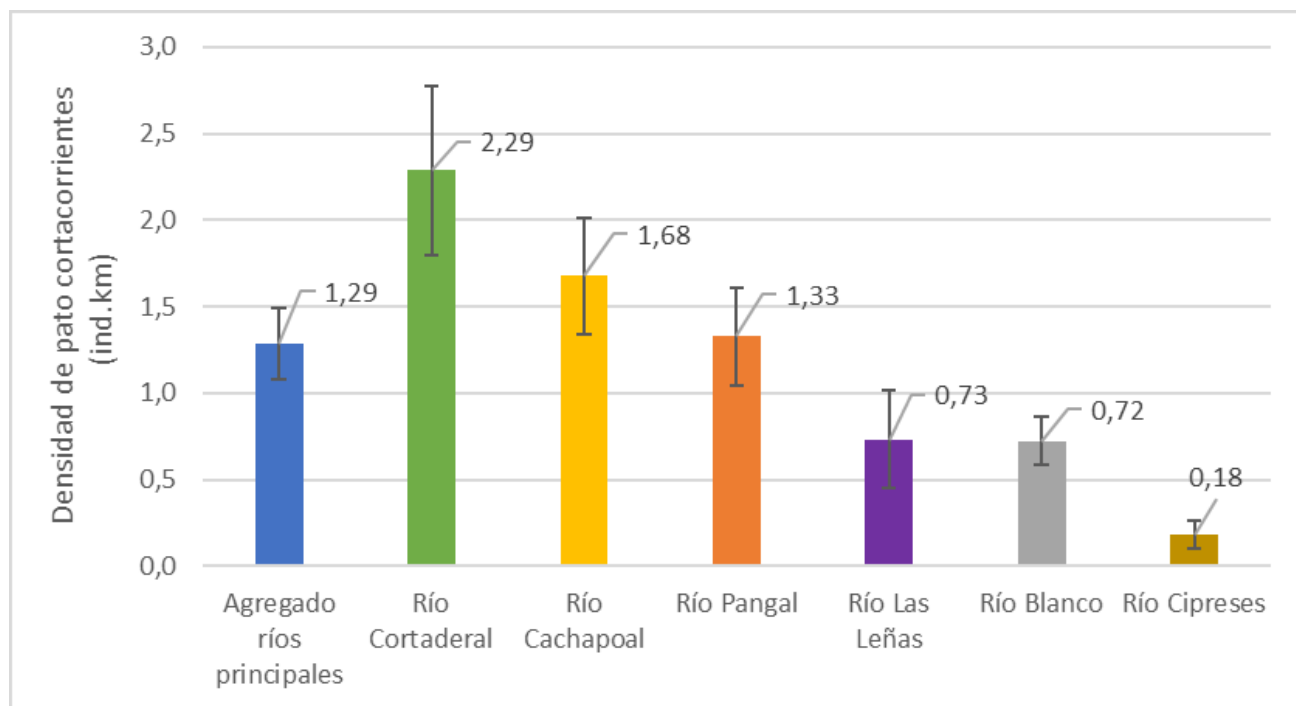


Figura 57. Densidad promedio de patos cortacorrientes en los ríos principales, período enero a diciembre de 2020.

En lo que respecta a la estacionalidad en la variación de la densidad de los patos, esta siguió en 2020 el mismo patrón observado entre 2007 y 2018, con una dinámica para la densidad agregada de todos los ríos, con mínimos en febrero, un alza progresiva

hasta alcanzar su máximo en junio, y una disminución gradual a partir de agosto, la que cayó abruptamente en octubre y se recuperó levemente en diciembre. Este patrón agregado tendió a replicarse, con algunas variaciones, en cada río (Figura 58).

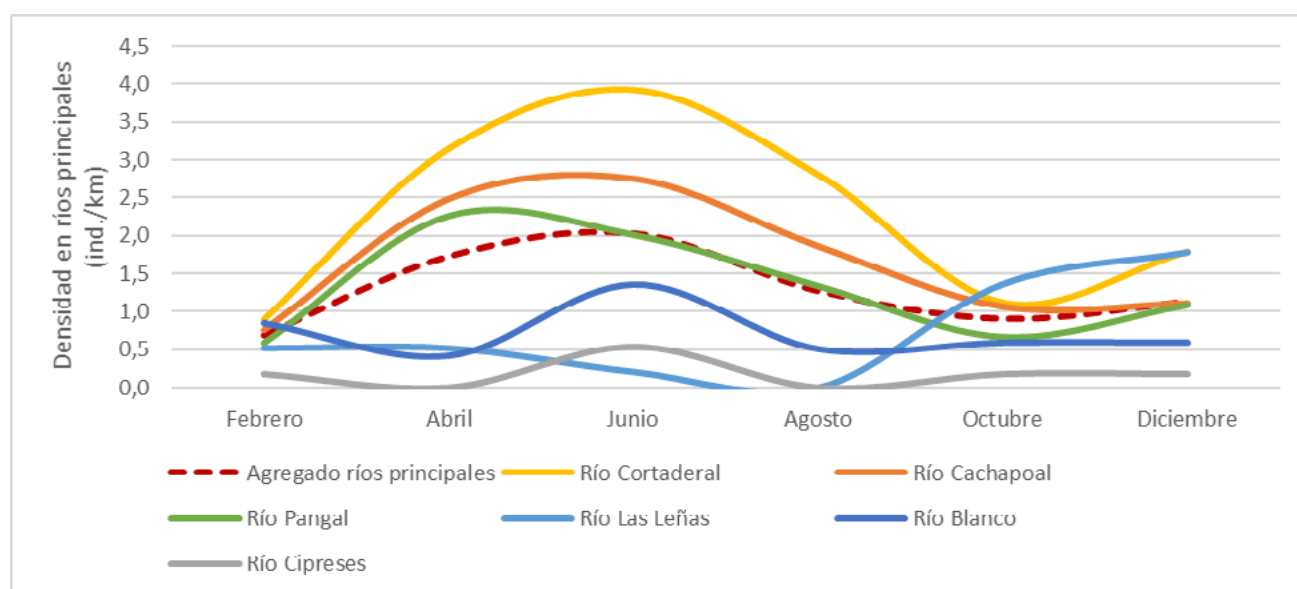


Figura 58. Densidad de patos cortacorrientes en los ríos principales, período enero a diciembre de 2020.

Cabe destacar la situación del río Las Leñas, el cual presentó un patrón distinto al del resto de los ríos evaluados, con niveles de densidad entre febrero y agosto de los más bajos registrados. Sin embargo, desde octubre de 2020, apreciamos un aumento considerable de la densidad, la que alcanzó los niveles más elevados registrados para cualquier río en las

mediciones de octubre y diciembre (Figura 58). Es interesante constatar que esta alza de octubre en el río Las Leñas coincidió con un alza marcada de su caudal, el que, hasta la medición anterior, en agosto, había estado en extremo bajo.

Si consideramos el promedio anual histórico de densidad de patos entre 2007 y 2018 para los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre, de manera de hacerlos comparables con el muestreo bimensual de 2020, las densidades registradas el último año fueron las más altas desde el inicio del monitoreo en 2007 (Figura 59).

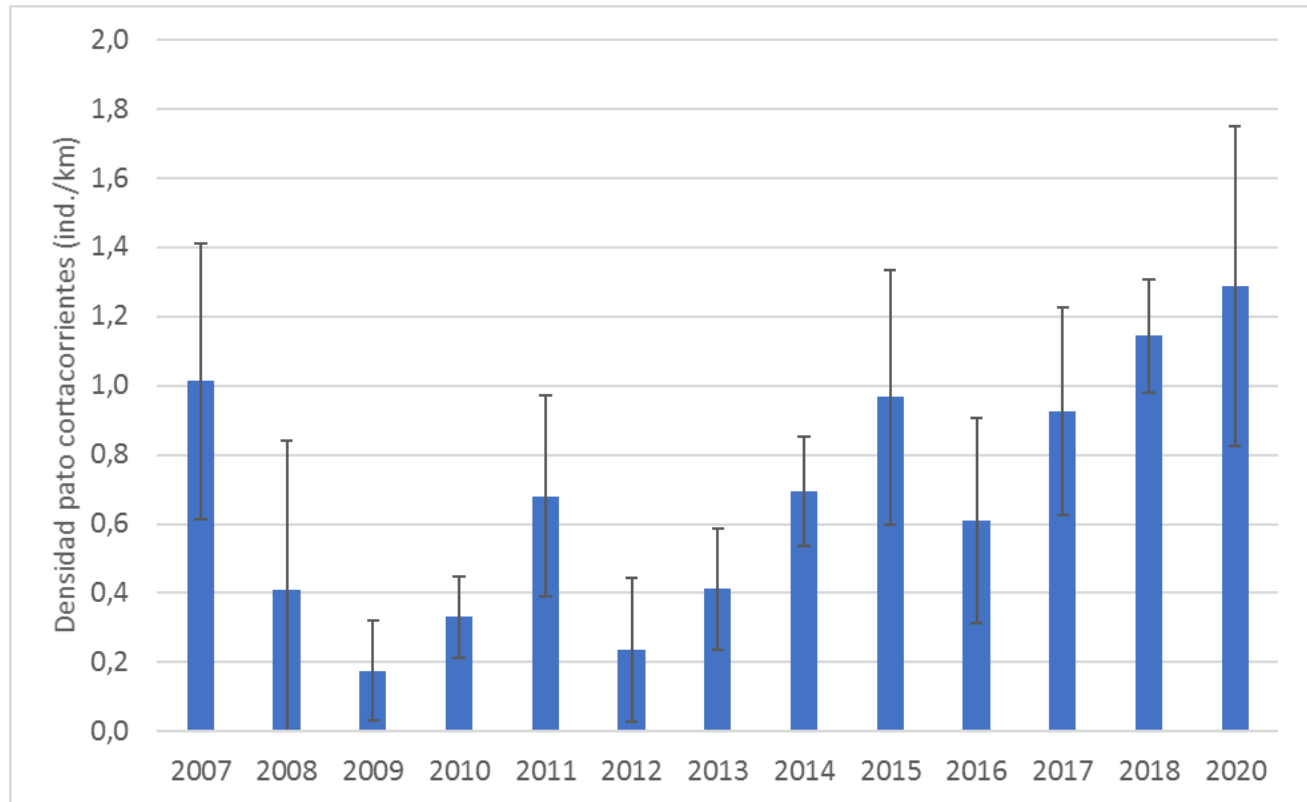


Figura 59. Promedio anual de la densidad de patos cortacorrientes considerando los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre. Período 2007 a 2018 y año 2020.



Las densidades de patos cortacorrientes registradas en 2020 en los ríos principales fueron las más altas desde el inicio del monitoreo en 2007. Esto, unido a que la población parecía seguir aumentando, podría estar relacionado con un período inter crecidas extenso (la última crecida “catastrófica” había sido en 2016) y a que, al parecer, aún no se llegaba a la capacidad de carga (la disponibilidad de recursos, como alimento y sitios de nidificación, no habría sido limitante en este rango de densidades). Sin embargo, la tasa de crecimiento poblacional tendió a disminuir y hubo una caída en la densidad de juveniles y pollos en 2020, lo que podría estar indicando la aproximación a la capacidad de carga del sistema.

En efecto, en 2020 la densidad registrada fue de 1,3 ind./km, lo que contrasta con el máximo anterior, en 2018, de 1,1 ind./km y un promedio histórico de 0,6 ind./km. La densidad de 2020 representó un alza sustancial dentro de la serie de tiempo, con un incremento del 12% con respecto al máximo de 2018. Esto nos sugirió que, desde 2018, se mantuvo la tendencia al alza de la población, aunque con una disminución en la tasa de crecimiento anual. Pensamos que esto podría haber estado reflejando una aproximación de

la densidad a la capacidad de carga del sistema o, talvez, además podría haber sido consecuencia de la extrema sequía y los subsecuentes cambios en la hidrología de la cuenca. En ese sentido, la evaluación de las proporciones de las distintas clases de edad nos sugirió que, efectivamente, la población podría estar comenzando a estresarse ya que la proporción de pollos y juveniles disminuyó notoriamente entre 2018 y 2020 (Figura 60).

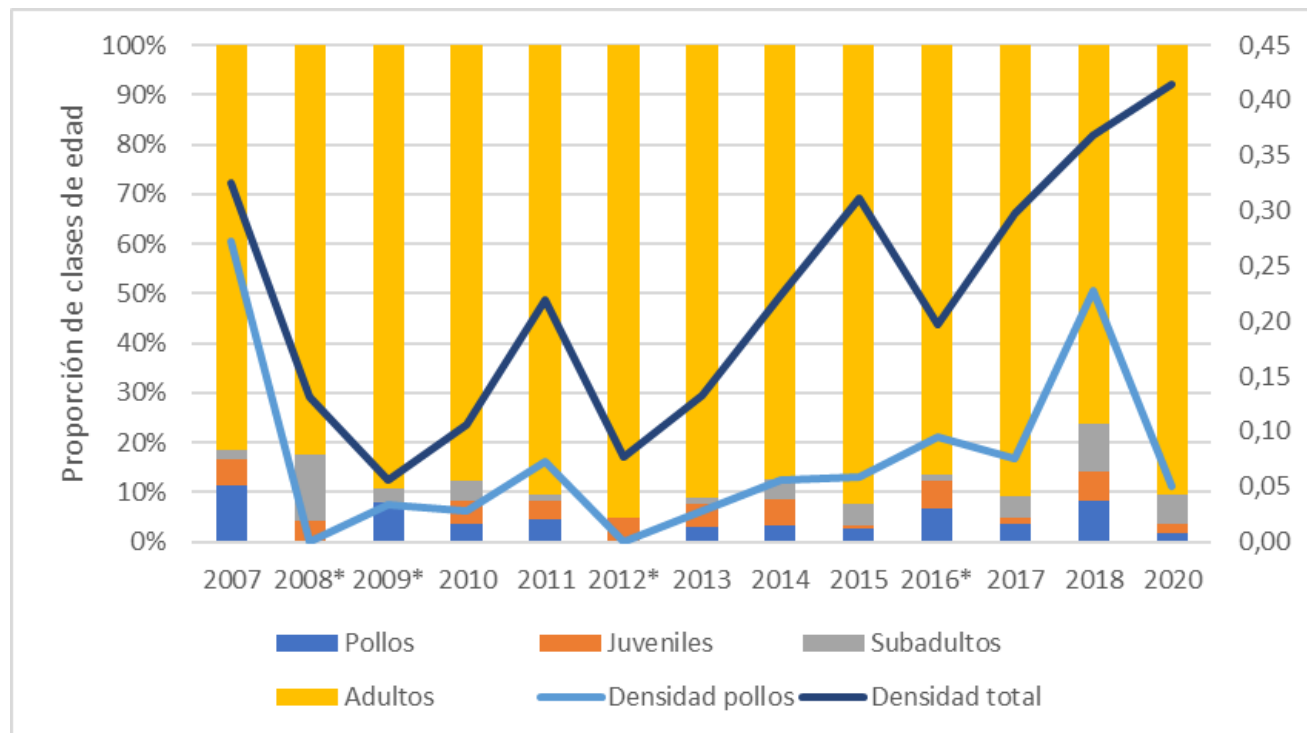


Figura 60. Variación de la proporción de clases de edad de pato cortacorrientes durante el monitoreo realizado entre 2007 y 2020, considerando el promedio para los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre. En líneas se presenta la variación de la densidad absoluta total para la especie y para los pollos. Debido a la diferencia en la magnitud de la densidad de adultos y pollos (el promedio de la densidad de adultos es 21 veces más grande que el de la densidad de pollos), lo que impedía apreciar gráficamente la variación en la densidad de pollos, esta se presenta corregida para apreciarse en magnitudes similares. *Años en que ocurrieron crecidas con las resultantes caída abrupta de la densidad.

Por otra parte, revisamos la densidad anual de patos para cada mes de muestreo, considerando el conjunto de todos los ríos principales (Figura 61). Los meses de abril y junio de 2020 presentaron densidades elevadas respecto de los registros históricos, representando ambos meses de 2020 los máximos históricos, con desviaciones de un 140% para abril y un 188% para junio, respecto al promedio mensual entre 2007 y 2018. Además, abril y junio de 2020 presentaron una desviación importante respecto a los valores más altos registrados previamente. En efecto, la densidad en abril de 2020 (1,7 ind./km) fue un 40% más alta

que el máximo anterior para dicho mes (1,2 ind./km en abril de 2018), mientras que la densidad en junio de 2020 (2,0 ind./km) fue un 34% más alta que el máximo anterior para dicho mes (1,3 ind./km). Por su parte, agosto y diciembre de 2020, pese a que no representaron máximos históricos, también tuvieron densidades altas respecto de los promedios 2007-2018 para dichos meses. Finalmente, febrero y octubre de 2020, presentaron densidades sustancialmente menores, aunque sobre el promedio mensual histórico entre 2007 y 2018 para dichos meses.



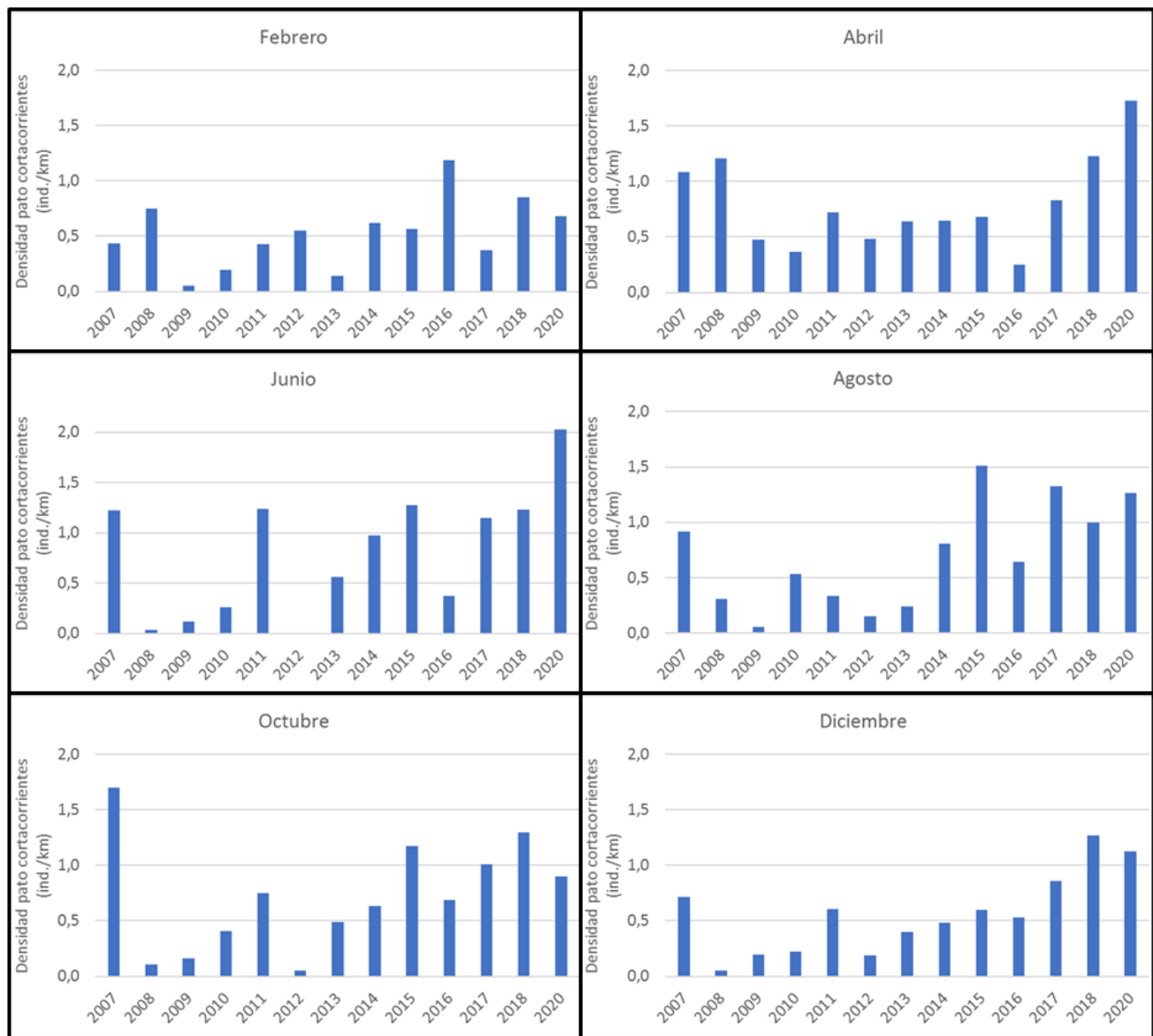


Figura 61. Densidad histórica de patos cortacorrientes en el conjunto de ríos principales para los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre.

La alta densidad de patos cortacorrientes que registramos en 2020, fue coherente con los períodos de alza poblacional caracterizadas por la ausencia de crecidas otoñales de proporciones “catastróficas”. Incluso, el efecto de la crecida de 2016 sobre la población de pato cortacorrientes fue relativamente bajo si se compara con los eventos de 2008 y 2012. Así, el último ciclo inter-crecidas fue el más extenso registrado durante el monitoreo (4 años), manteniéndose el patrón observado en ciclos anteriores, con un crecimiento sostenido de la población entre eventos de crecidas, hasta su interrupción y disminución abrupta de la población luego de estos eventos “catastróficos”. El hecho de que no hayamos observado un estancamiento en el crecimiento de la población, aporta sustento a nuestra hipótesis de que, a los niveles de densidad observados, aún no se había alcanzado la capacidad de carga del sistema, y que la disponibilidad de recursos, como alimento y sitios de nidificación, no habría sido limitante en este rango de densidades. No obstante, como señalamos anteriormente, cabe hacer notar la baja en la tasa de crecimiento en 2020 respecto de la tendencia que veníamos verificando en los años anteriores, y la baja densidad de pollos y juveniles, todo lo cual, ante la ausencia de una crecida catastrófica, podría haber indicado que la densidad poblacional talvez se estaría acercando a la capacidad de carga del sistema.

No todos los ríos se comportaron de manera similar respecto de la variación anual de la densidad de pato cortacorrientes (Figura 62). Los ríos Cortaderal, Cachapoal y Pangal, presentaron en 2020 un aumento considerable en su densidad, desproporcionado con respecto al patrón que se venía observando desde 2007. El río Blanco había presentado un aumento importante en la densidad promedio para febrero, abril y junio en 2018. Sin embargo, en 2020 se observó una caída, si bien se mantuvo por sobre los niveles observados entre 2013 y 2017. Por su parte, el río Cipreses se mantuvo en la parte baja del espectro de densidades registradas para este río.

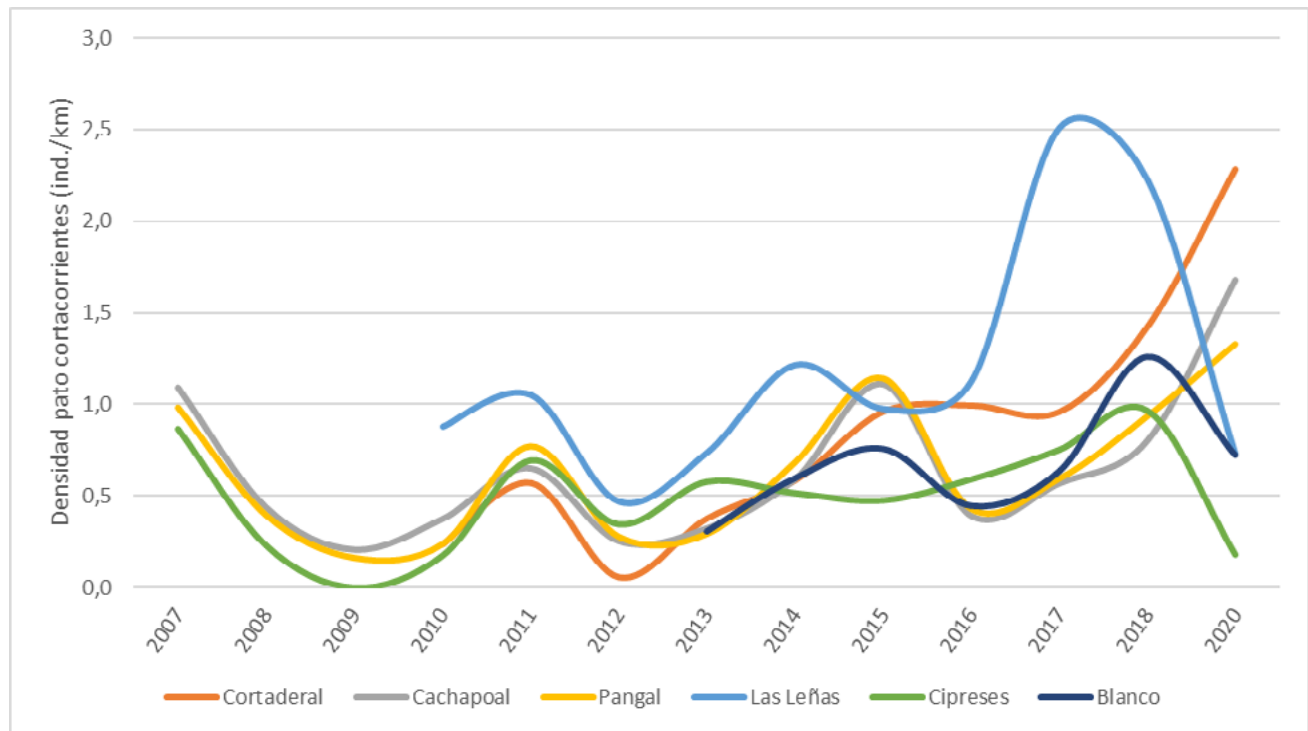


Figura 62. Variación interanual de la densidad promedio de patos cortacorrientes en los ríos principales para los meses de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre.

El río Las Leñas presentó una situación llamativa, con una importante caída en la densidad en 2020. Esto representó un marcado cambio en la tendencia al alza sostenida desde su inclusión en el monitoreo en 2010. Históricamente había sido el río con la mayor densidad de patos cortacorrientes. El efecto moderador sobre las variaciones de caudal y de sedimento que ejerce la laguna El Yeso, ubicada en el curso alto del río Las Leñas, en la parte superior del tramo monitoreado, se consideraba un atributo que favorecía al pato cortacorrientes. Cabe destacar que, al revisar los

datos de caudal de la DGA, pudimos apreciar que, si bien en todos los ríos se observó una disminución acentuada en el caudal desde el 2016, el río Las Leñas fue particularmente afectado por la sequía. Este río presentó en 2019 su mínimo caudal histórico, con 3,1 m³/s, valor que representó el 60% del caudal promedio entre el 2007-2018 (Tabla 11). Esto podría haber explicado la abrupta caída en la densidad de patos en este río, el cual fue considerado como un hábitat de alta calidad en tiempos con mayor caudal.

Tabla 11. Caudal promedio anual para el período 2007-2020.

Año	Cachapoal	Cortaderal	Pangal	Las Leñas
2007	33,3	14,3	11,4	6,7
2008	40,3	21,2	17,5	5,2
2009	48,7	10,6	11,9	5,0
2010		11,7	9,5	5,7
2011	31,1	11,6	8,3	3,9
2012	41,3	12,5	10,7	4,9
2013	37,2	12,7	11,7	5,3
2014	26,1	12,5	9,6	4,5
2015	31,6	14,4	10,9	4,9
2016	46,9	21,1	16,3	7,2
2017	31,5	15,6	15,0	5,4
2018	24,1	12,8	8,8	3,9
2019	20,4	9,7	6,1	3,1
2020	24,0	12,4	8,5	4,0
Promedio 2007-2018	35,6	14,2	11,8	5,2
Proporción 2020*	0,67	0,87	0,72	0,77

*Proporción del promedio 2007-2018 que el 2020 representa

La caída de la densidad de patos cortacorrientes en el río Las Leñas, luego del máximo histórico en 2017, coincidió con un aumento en los ríos Cortaderal, Cachapoal y Pangal. Esto lo atribuimos, al menos en parte, a la redistribución de individuos desde el río Las Leñas, redistribución cuya visión en conjunto reflejó un crecimiento sostenido de la población hasta 2020.

Nos llamó la atención la alta proporción de machos que registramos en los ríos principales durante 2020, la máxima registrada durante todo el monitoreo. En efecto, el 70% del total de individuos que registramos en 2020 ($n=211$) fueron machos. Esto constituyó una marcada desviación respecto de lo observado durante el período equivalente 2007-2018 (considerando febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre),

en que habíamos registrado en 2014 una proporción máxima de machos de 63%, y un promedio de 55% para todos los años. Cabe señalar que la proporción de machos aumentó de manera sostenida al aumentar la densidad total de patos luego de las crecidas de 2012 y 2016 (Figura 63). De hecho, en el período 2012-2018, observamos una asociación positiva intensa y estadísticamente significativa entre la densidad total de patos y la proporción de machos. Esto nos sugirió que podría haber habido procesos denso dependientes modulando la relación de sexos, ya sea por mecanismos conductuales o por una segregación espacial asociada al sexo. En este análisis no consideramos los años de crecidas (2008, 2009, 2012, 2016), ya que habitualmente resultaron en proporciones de sexos sesgadas debido al bajo número de individuos registrados.

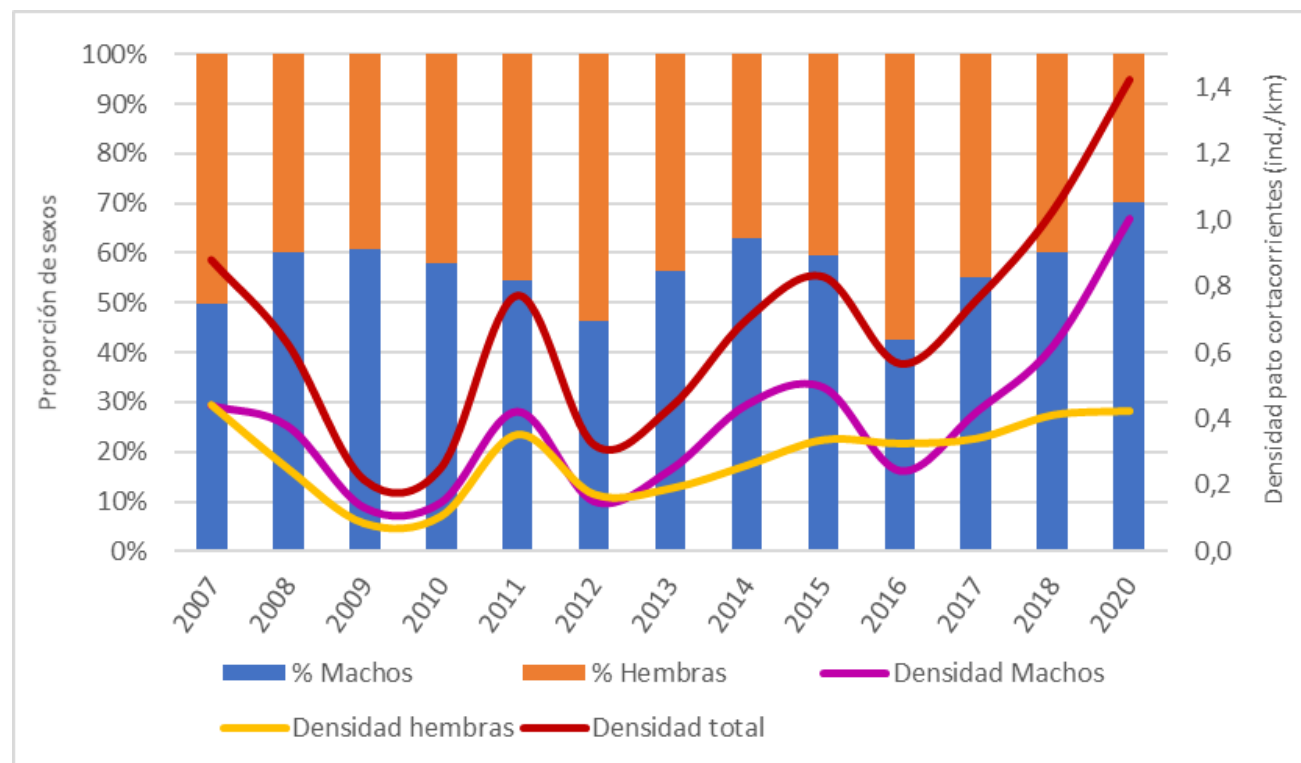


Figura 63. Relación entre la proporción de sexos y la densidad de patos cortacorrientes.



El 2020 fue el año con mayor proporción de machos registrada en los ríos principales (70% de machos). Considerando la alta densidad observada, la máxima para todo el estudio, dicha proporción de machos podría indicar procesos denso dependientes modulando la relación de sexos, ya sea por mecanismos conductuales o por una segregación espacial asociada al sexo.

Cursos menores

La densidad de patos cortacorrientes en cursos de agua menores durante 2020 fue muy inferior a la registrada en los ríos principales. De los seis cursos de agua menores que monitoreamos, cuatro presentaron presencia de patos en 2020, a saber, los esteros Cipresitos, Clonqui y las quebradas de Puya y Socavones. De éstos, el estero Clonqui fue el más

regular, con presencia de patos en los seis muestreos realizados. Por su parte, la quebrada Socavones y el estero Cipresitos presentaron importantes incrementos de densidad de patos hacia el final del año, momento en que sus caudales aumentaron considerablemente (Figura 64).

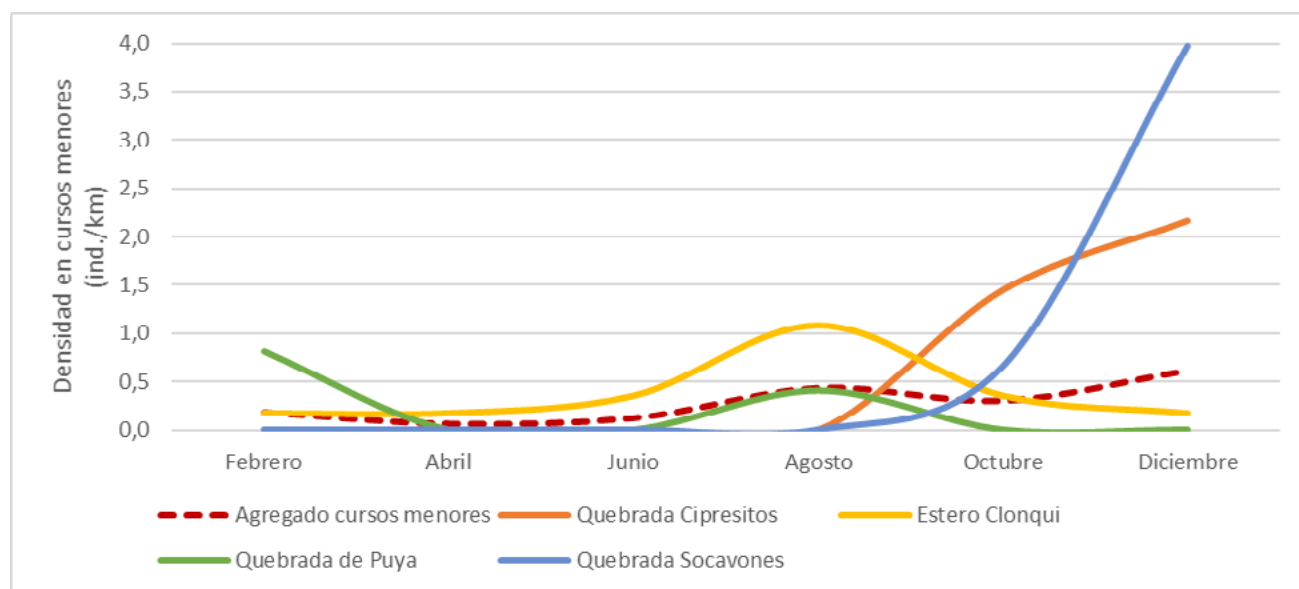


Figura 64. Densidad de patos cortacorrientes en los cursos de agua menores durante 2020. Sólo se presentan los cuatro cursos en que se registró la presencia de la especie en el período, así como el agregado para este grupo.

Considerando la fase de muestreo definitiva en los cursos menores, esto es desde junio de 2019 en adelante, observamos una alta heterogeneidad en la densidad de patos. Entre junio y diciembre de 2019, observamos una leve y progresiva alza en la densidad agregada, la que coincidió con nuestra hipótesis de que la densidad de la especie aumentaría en los cursos menores durante la temporada reproductiva, asociado a la conducta de la especie y a la estacional en la disponibilidad de hábitat. A partir de febrero de 2020, apreciamos una disminución importante de la densidad

de patos en los cursos menores. Esto coincidió con el momento en que comenzó a aumentar su densidad en los ríos principales. La marcada reducción que observamos en los cursos menores talvez pudo estar exacerbada por la sequía extrema, con caudales muy bajos en los cursos monitoreados y un marcado estiaje. En abril de 2020 persistió la caída en la densidad. En junio de 2020, observamos un leve aumento de densidad, para luego continuar el incremento hasta diciembre, replicándose el patrón de alza primaveral observado en 2019 (Figura 65).

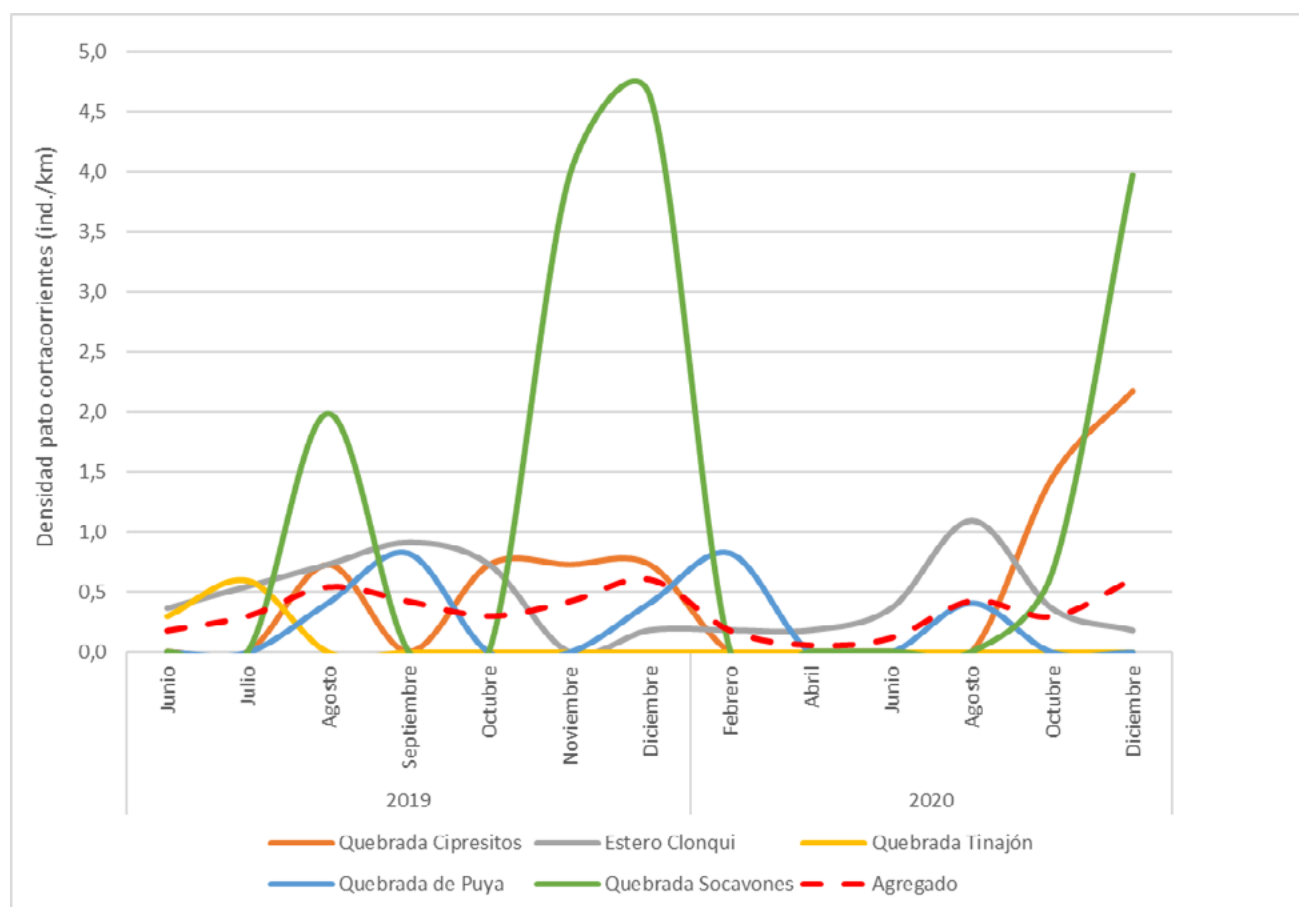


Figura 65. Densidad de patos cortacorrientes en los cursos de agua menores, período 2019 a 2020.

Como señalamos, la densidad de patos en los cursos de agua menores posiblemente estuvo condicionada por la extensa y extrema sequía, la que se prolongó desde 2010, con el año 2019 como el más seco de que se tenga registro en Chile central, lo que pudo haber generado condiciones excepcionalmente negativas para la especie en los cursos de agua menores durante la realización de nuestro estudio. Esto se vio reflejado en los caudales de los ríos principales, los que presentaron durante 2019 el caudal promedio anual más bajo desde el inicio de nuestro estudio (Figura 66). Estos ríos dependen principalmente del aporte de glaciares, y

las altas temperaturas del período habrían resultado en un aumento del aporte glacial, compensando el bajo aporte de nieve acumulada durante 2019. Sin embargo, en el caso de los cursos de agua menores, que habitualmente dependen del aporte de nieve acumulada durante el año, el efecto de la sequía pudo ser mucho más intenso. Desafortunadamente, no dispusimos de medidas cuantitativas de los caudales en los cursos de agua menores, pero la evidencia fotográfica seriada de apoyo nos indicó que los cursos menores monitoreados presentaron caudales en extremo bajos.

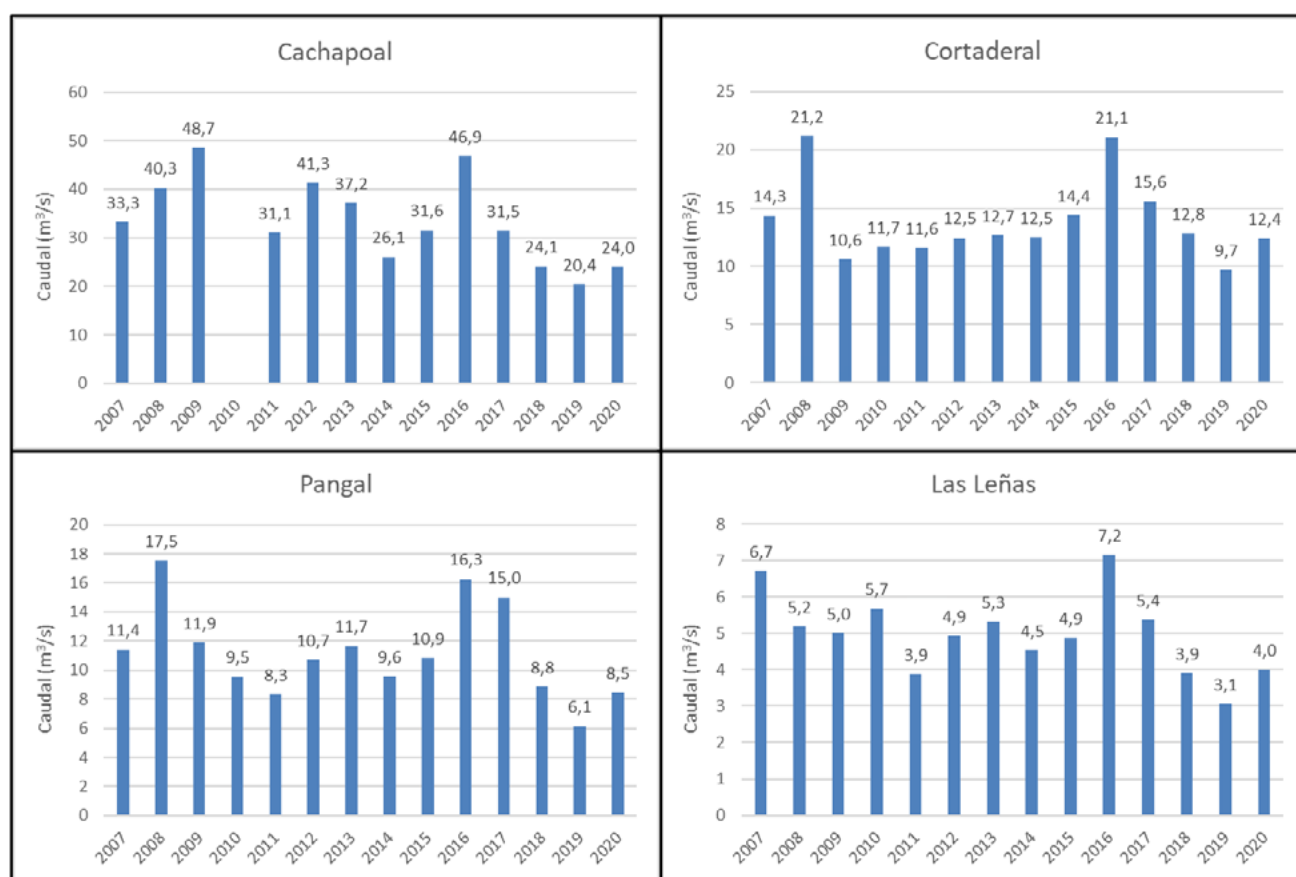


Figura 66. Caudal promedio anual para los ríos Cachapoal, Pangal, Cortaderal y Las Leñas.

ECOLOGÍA

Hábitat del pato cortacorrientes

Entre las características de los ríos que identificamos como adecuadas para el pato cortacorrientes se encuentran la presencia de aguas claras, torrentosas, frías y bien oxigenadas, con cortados fluviales donde nidificar, con un sustrato de rocas con baja presencia de arena y barro. El pato cortacorrientes necesita rocas y islas para descansar y condiciones adecuadas para el desarrollo de los macroinvertebrados que constituyen la mayor parte de su dieta. En este contexto, el río Cachapoal y varios de sus afluentes serían favorables para el pato cortacorrientes por sus características

ritrónicas, es decir, fuerte pendiente, aguas caudalosas, frías y alta oxigenación. Para confirmarlo, entre mayo de 2009 y abril de 2010, medimos mensualmente variables físicas, químicas y biológicas del agua en ocho puntos de muestreo en los ríos Cachapoal y Pangal (Figura 67). Las variables físicas y químicas medidas fueron: conductividad, temperatura, concentración de oxígeno y pH. La variable biológica determinada fue la caracterización de macroinvertebrados, la que realizamos para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre de 2009 y para enero y abril de 2010.

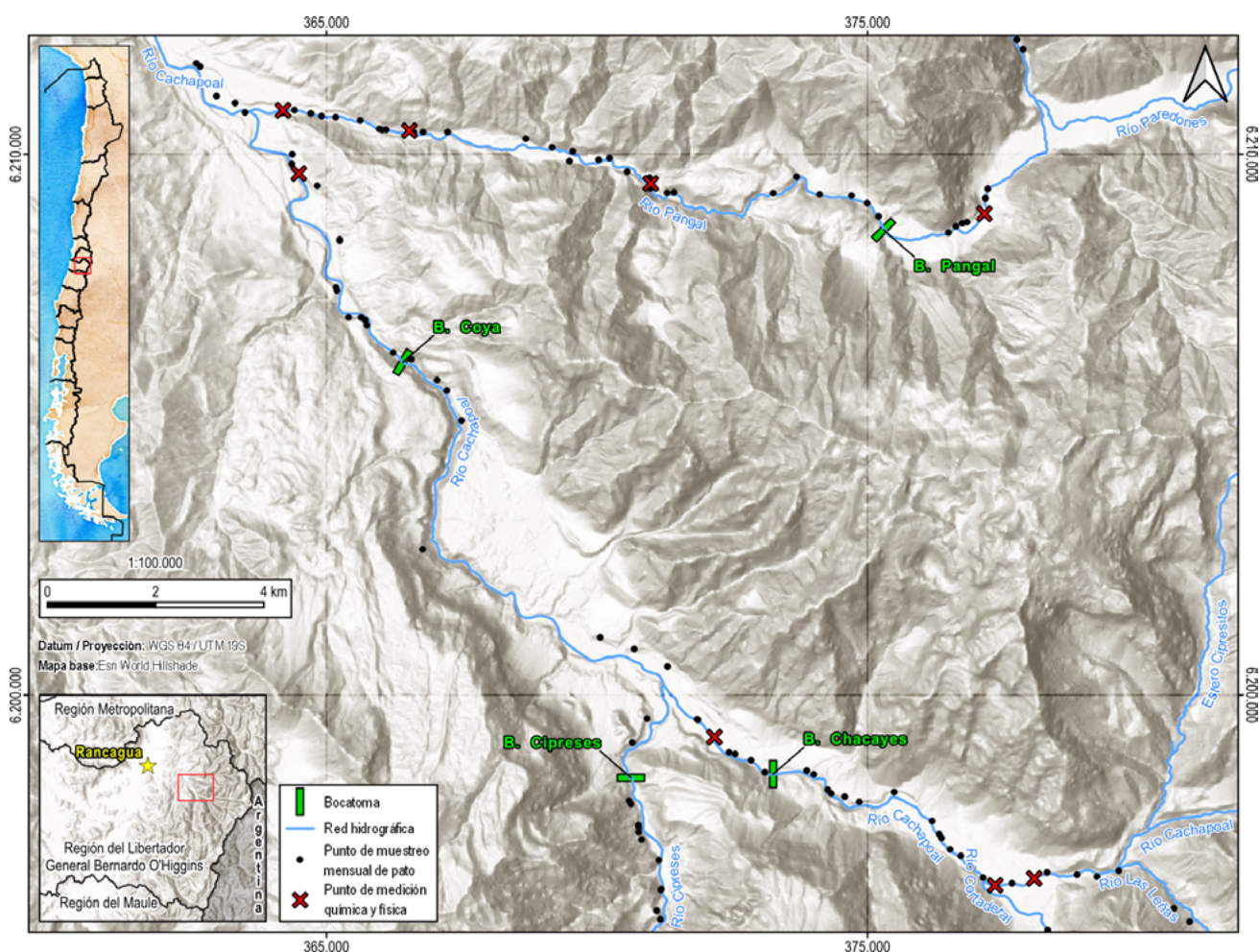


Figura 67. Puntos de medición de variables químicas y físicas en los ríos Cachapoal y Pangal.



Con el objetivo de caracterizar el hábitat del pato cortacorrientes, entre mayo de 2009 y abril de 2010 se midieron mensualmente variables físicas, químicas y biológicas del agua en ocho puntos de muestreo en los ríos Cachapoal y Pangal.

Parámetros físicos y químicos del agua de los ríos

Los promedios de las estimaciones mensuales de los parámetros físicos y químicos de los ríos Cachapoal y Pangal, fueron respectivamente, $868,6 \pm 307,7 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $362,4 \pm 107,1 \mu\text{S}/\text{cm}$ para la conductividad; $10,3 \pm 0,8 \text{ mg/L}$ y $9,7 \pm 0,5 \text{ mg/L}$ para la concentración de oxígeno; $8,2 \pm 0,2$ y $8,0 \pm 0,4$ para el pH; y $10,1 \pm 3,6 ^\circ\text{C}$ y $12,1 \pm 3,8 ^\circ\text{C}$ para la temperatura. Estos parámetros no presentaron diferencias significativas aguas arriba o abajo de las bocatomas.

La conductividad del agua del río Cachapoal fue más alta que la del Pangal, llegando a ser superior a 1.000

$\mu\text{S}/\text{cm}$ en el período de alto caudal aguas arriba de la bocatoma Coya en el río Cachapoal. En enero, período de bajo caudal y de calor intenso, la temperatura del agua fue más alta y la conductividad y concentración de oxígeno más bajas. Las temperaturas promedio del agua del río Cachapoal variaron entre un mínimo de $6 ^\circ\text{C}$ en junio (invierno) y un máximo de $15,3 ^\circ\text{C}$ en enero (verano). En el río Pangal la temperatura mínima promedio fue $9,15 ^\circ\text{C}$ en junio (invierno) y la máxima promedio de $19,3 ^\circ\text{C}$ en enero (verano).

Parámetros biológicos del agua de los ríos

La estimación de la composición y abundancia de macroinvertebrados la realizamos mediante el recuento directo de organismos. Para ello tomamos dos muestras aleatorias mediante una red Surber de 9 cm^2 , con malla de apertura de $250 \mu\text{m}$. Las muestras las analizamos cuantitativamente mediante una lupa Zeiss Stemi 2000-C. La clasificación de los organismos la realizamos hasta el nivel de género.

Los tres órdenes de macroinvertebrados más frecuentes en los ríos Pangal y Cachapoal fueron los dípteros, los efemerópteros y los tricópteros. Cinco de los nueve géneros presentes en los muestreos están adaptados a aguas lólicas y cuatro son intolerantes

a la contaminación. Dominaron los dípteros de la familia Chironomidae, siendo este uno de los grupos de insectos más importantes en los ecosistemas acuáticos, presente en un rango de condiciones naturales mayor al de cualquier otro grupo de insectos.

Las bocatomas no tuvieron un efecto en la abundancia de macroinvertebrados en los ríos, aun cuando observamos cambios esperables y normales en la estructura comunitaria y en la diversidad de macroinvertebrados a lo largo del río. En efecto, al disminuir la altitud, los Chironomidae aumentaron su abundancia, mientras que los Simuliidae disminuyeron, al igual que la diversidad total de macroinvertebrados

(Figura 68, Figura 69). La familia Simuliidae corresponde a insectos filtradores que viven en aguas corrientes, adheridos al sustrato y son intolerantes a la contaminación orgánica. Los Chironomidae, por el contrario, son reflejo de baja calidad del agua. La

abundancia total de macroinvertebrados tendió a ser menor en el río Cachapoal que en el Pangal, con promedios de $304,6 \pm 350,6$ ind/m² en el Cachapoal y $759,0 \pm 904,9$ ind/m² en el río Pangal.

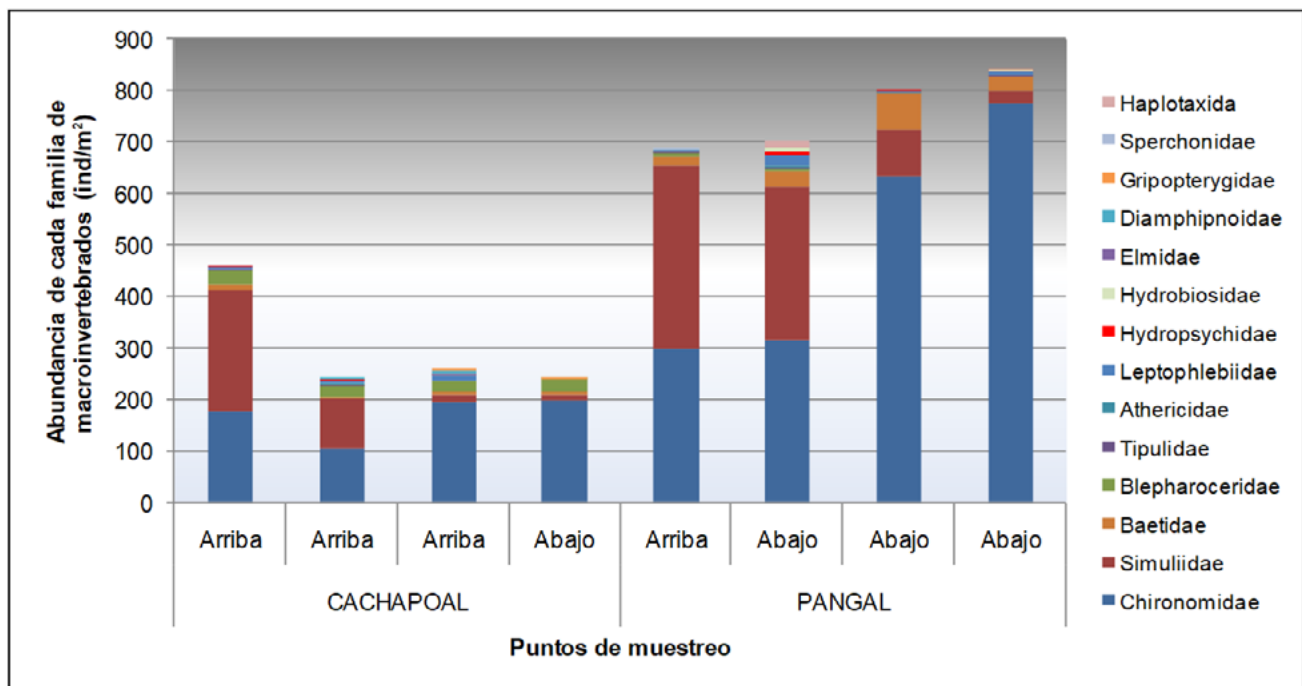


Figura 68. Abundancia promedio de las familias de macroinvertebrados registradas en los ríos Cachapoal y Pangal, aguas arriba y abajo de las bocatomas Coya y Pangal, respectivamente. Los puntos de muestreo se presentan de izquierda a derecha de mayor a menor altitud. Período mayo de 2009 a mayo de 2010.

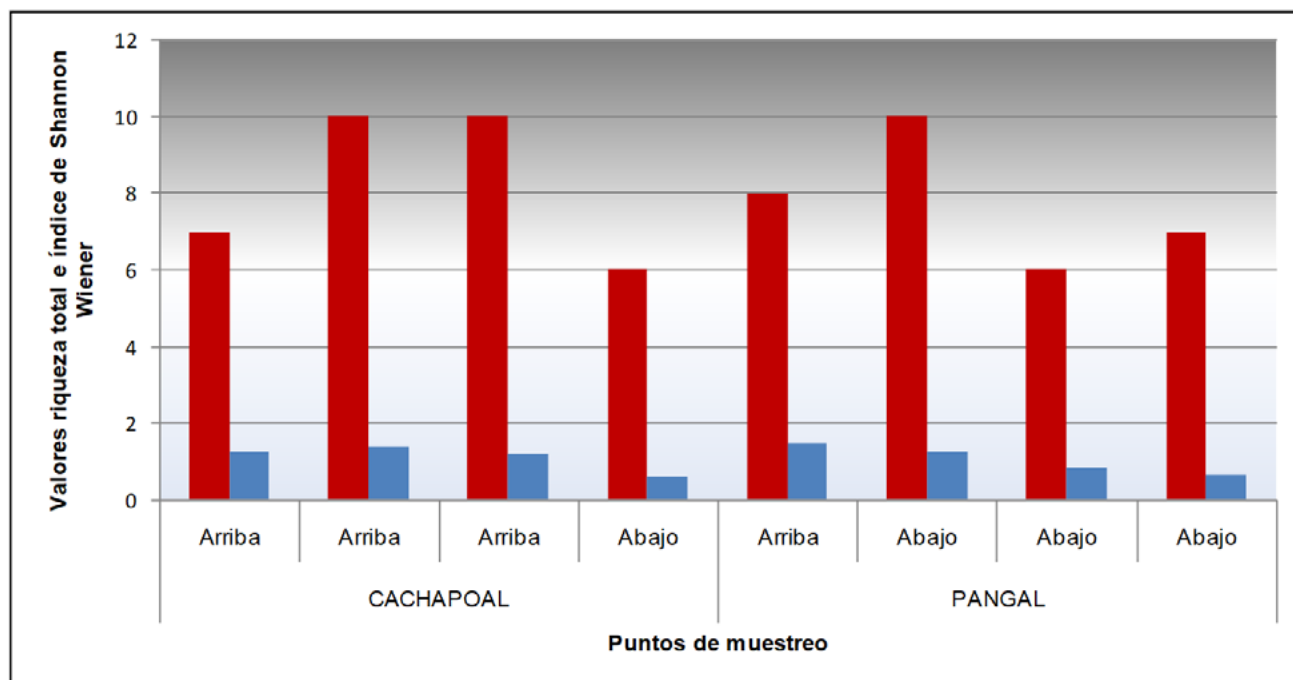


Figura 69. Riqueza total (rojo) e índice de diversidad de Shannon-Wiener (azul) de invertebrados en los ríos Cachapoal y Pangal, aguas arriba y abajo de las bocatomas Coya y Pangal, respectivamente. Los puntos de muestreo se presentan de izquierda a derecha de mayor a menor altitud. Período mayo de 2009 a mayo de 2010.

La ausencia de efectos bioquímicos por causa de las bocatomas, podría deberse a que las centrales Coya y Pangal operan desde hace aproximadamente 100 años y a que son de pequeña escala comparado con otras centrales en las que sí se han documentado efectos negativos.

Sobre la base de cinco muestreos de macroinvertebrados hechos en un punto aguas arriba de la bocatoma Coya, en el río Cachapoal, antes y después de la crecida de mayo de 2008, pudimos constatar que la riqueza y la abundancia de macroinvertebrados registró un marcado descenso inmediatamente luego de la crecida, manteniéndose bajas dos meses después de la crecida. Siete meses

después de la crecida verificamos un aumento de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados a niveles superiores a los observados previo a dicho evento. En efecto, antes de la crecida, en enero de 2008, registramos una riqueza de nueve especies y una abundancia de 304 individuos por m². En julio de 2008, es decir dos meses después de la crecida, observamos sólo cuatro organismos de la misma familia (riqueza =1). Mientras que siete meses después de la crecida, registramos una riqueza de 11 especies y una abundancia de 1.678 individuos por m² (Figuras 70 y 71). Por su parte, la abundancia de patos bajó drásticamente luego de la crecida, sin embargo, a diferencia de lo observado con los macroinvertebrados,

su abundancia siguió siendo baja hasta finales de 2010. Esta baja se podría asociar, entre otras causas, a la falta de comida observada inmediatamente después de la crecida. Los macroinvertebrados son especies de crecimiento r , con alta tasa reproductiva, y que por ello se recuperan rápidamente después de un evento

catastrófico. El pato cortacorrientes en cambio tiene densidades poblacionales naturalmente bajas, una distribución fragmentada y un potencial reproductivo relativamente bajo.

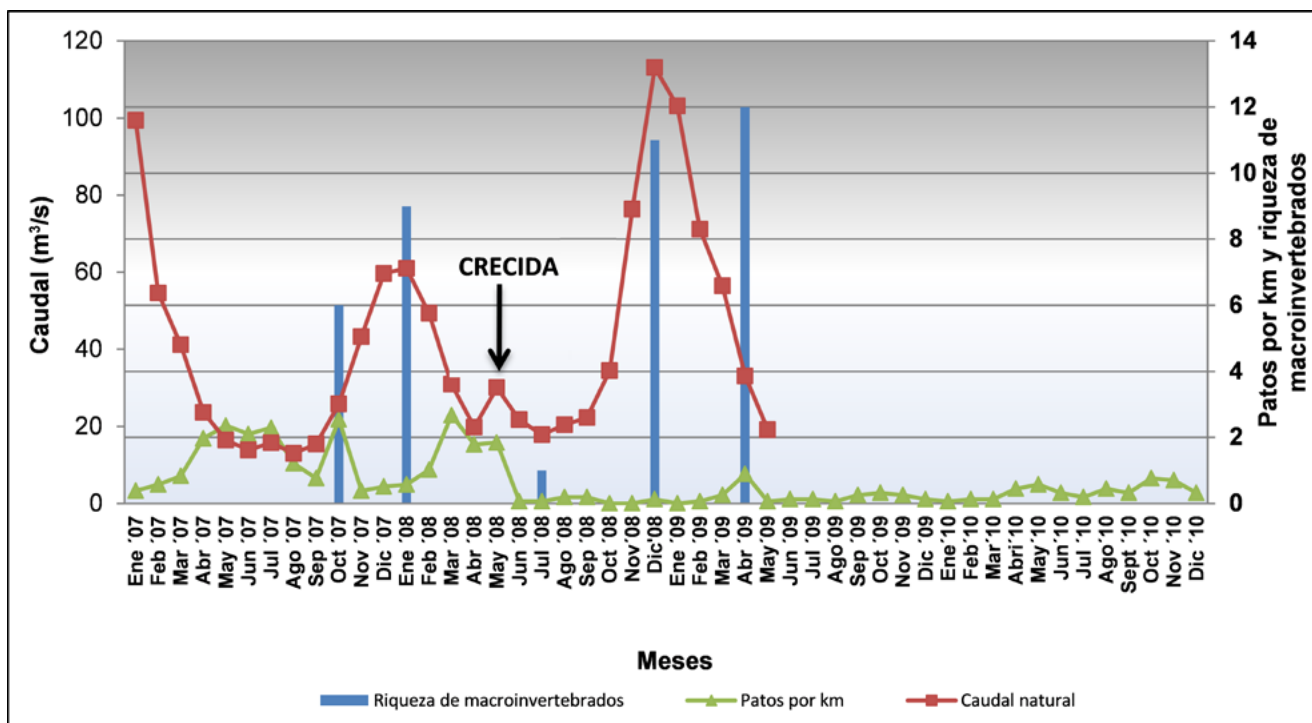


Figura 70. Relación entre el caudal natural, la abundancia de patos y la riqueza de macroinvertebrados en el río Cachapoal, aguas arriba de la bocatoma Coya. Período enero de 2007 a diciembre de 2010.

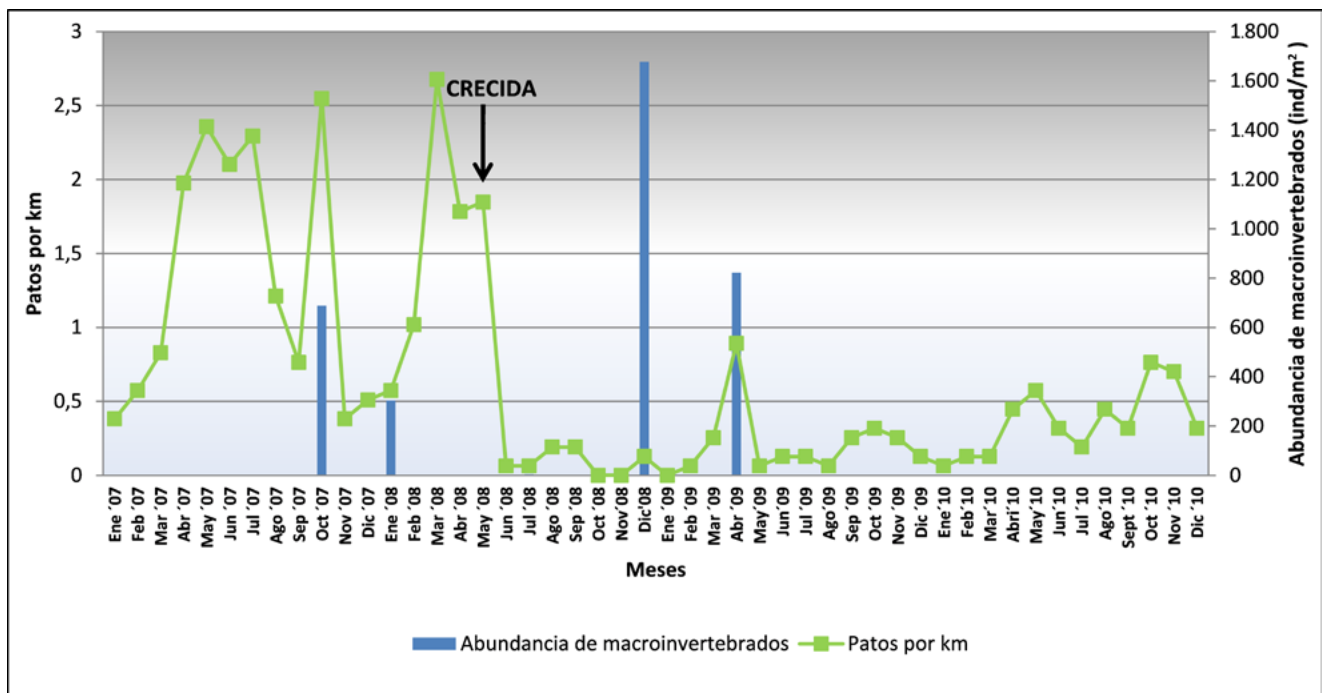


Figura 71. Relación entre la abundancia de patos y la abundancia de macroinvertebrados en el río Cachapoal, aguas arriba de la bocatoma Coya. Período enero de 2007 a diciembre de 2010.

Parámetros biológicos del agua de los ríos

Para definir las características del hábitat del pato determinamos variables físicas estables y dinámicas cortacorrientes en los ríos Cachapoal y Pangal, en varios puntos de muestreo a lo largo de cada río.



Se determinaron variables físicas estables y dinámicas de los ríos Cachapoal y Pangal para definir sus atributos como ambiente del pato cortacorrientes.

Las variables físicas estables definidas fueron características del río que no cambian en el tiempo o que son relativamente estables, como la altitud (m), la visibilidad en el punto de muestreo (m), la distancia al camino (m), la ubicación con respecto a la bocatoma (aguas arriba o abajo de la bocatoma), la forma de la caja del río (cerrada alta, cerrada baja, abierta, mixta),

el ancho de la caja (m), la altura de los bordes de la caja del río (m), el tipo de borde (rocas, vegetación, tierra, rocas-vegetación, tierra-rocas, vegetación-tierra) y la estabilidad del río (estable/inestable).

Las variables físicas dinámicas fueron características del río que fluctúan durante el año y que se midieron

mensualmente, como es el ancho del río (m), el número de rápidos, el número de rocas islas y la presencia o ausencia de bancos de arena.

Posteriormente, realizamos modelos lineales generalizados para detectar si existía una correlación entre la densidad de patos y las características físicas estables y dinámicas de los ríos Cachapoal y Pangal.

Selección de atributos físicos estables en el río Cachapoal

En el río Cachapoal las variables altitud, pendiente, forma de la caja, altura del borde, distancia al camino y posición en relación a la bocatoma, fueron discriminadas por los patos en su proceso de selección de hábitat. Los patos evitaron las altitudes por debajo de los 1.000 m y las pendientes muy bajas (entre 4% y 7%), prefiriendo pendientes entre 14% y 18%. Las cajas mixtas, es decir con un lado abierto y el otro cerrado (con cortados fluviales), fueron preferidas y específicamente hubo una mayor frecuencia de avistamiento en zonas del río con borde sur de mayor altura (> 5 m). Por el contrario, las cajas de ríos con bordes de baja altura fueron evitados. Evitaron las cajas más anchas (> 120 m) y eligieron las cajas entre 30 y 59 m. Además, registramos un mayor número de patos en las partes del río más distantes a los caminos (> 200 m) y en las zonas situadas aguas arriba de la bocatoma.

Selección de atributos físicos estables en el río Pangal

Las variables, forma de la caja, altura del borde, ancho de la caja y posición en relación a la bocatoma, fueron discriminadas por los patos en el río Pangal. En este caso, las cajas mixtas y abiertas fueron evitadas, mientras que las cajas cerradas fueron seleccionadas. Las cajas de río con bordes de mayor altura (> 10 m) se utilizaron en mayor proporción, evadiendo aquellos de menor altura. Las cajas del río de ancho de hasta 29 m fueron más utilizadas en relación a las cajas más anchas (> 60 m). Registramos un mayor número de patos aguas arriba de la bocatoma.

Rocas isla

Selección de atributos físicos dinámicos

La importancia de las rocas isla para descansar entre dos períodos de forrajeo ha sido documentada en otras especies de patos de ríos de montaña, como en el pato azul (*Hymenolaimus malacorhynchos*) de Nueva Zelanda. Una alta proporción de los patos cortacorrientes que registramos durante los años 2007 a 2010 (45%) los observamos descansando en rocas emergentes en el río, o “rocas islas” (Figura 72).

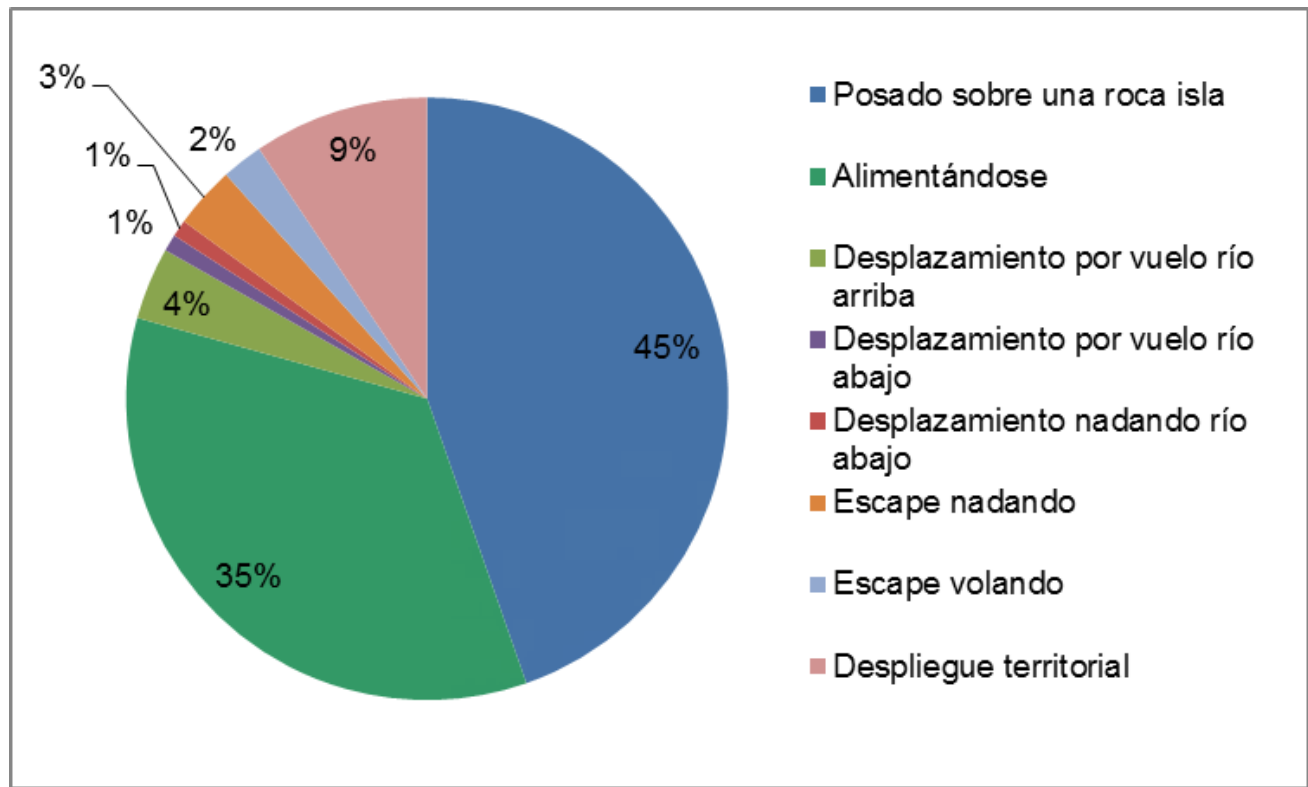


Figura 72. Frecuencia (%) de avistamiento de actividades de pato cortacorrientes entre enero de 2007 y diciembre de 2010.

Sin embargo, no se evidenció una influencia de esta variable en la selección del hábitat. Ello podría deberse al hecho de que las rocas islas las medimos después de la crecida de mayo de 2008, lo cual pudo haber influido en la falta de una relación entre presencia de patos y concentración de rocas isla, ya que muchas

rocas pueden haber cambiado luego de la crecida. Por otra parte, un aparente efecto positivo de estas rocas sobre la abundancia de patos podría deberse a que estas aves son más visibles posadas en ellas que en el agua. Por tanto, sería necesario estimar e incorporar la detectabilidad en futuros estudios.



La presencia de rocas isla, de rápidos, la pendiente, el caudal, la velocidad del agua, la presencia de infraestructura de origen humano, son algunas de las variables físicas dinámicas que determinan la calidad de los tramos de río como hábitat para el pato cortacorrientes.

Rápidos y pendiente

Considerando los puntos de muestreo ubicados aguas arriba de las bocatomas, la densidad de patos se correlacionó positivamente con el número de rápidos y la pendiente. El análisis de regresión mostró que el mejor modelo para explicar la densidad de patos incluyó como predictores el número de rápidos

(efecto +), la pendiente (efecto +), la abundancia de conespecíficos en puntos adyacentes (efecto -) y la forma de la caja (cerrada mixta, efecto +).

Cuando incorporamos todos los puntos de muestreo (aguas arriba y abajo de las bocatomas), la densidad

de patos se correlacionó positivamente con el número de rápidos, el caudal y la velocidad del agua. En el análisis de regresión, el mejor modelo para predecir la densidad de patos resultó en función de la posición aguas arriba de la bocatoma (efecto +) y del número de rápidos (efecto +). La correlación positiva del número de rápidos con la densidad de patos es coherente con lo documentado sobre sus preferencias por ríos torrentosos, con caídas de agua y rápidos, alternados con zonas más quietas.

Aguas arriba de las bocatomas, es decir en cursos sin influencia de actividades hidroeléctricas, un factor que resultó claramente importante para el pato cortacorrientes fue la pendiente. Esta variable es determinante en la distribución de otras especies de aves de ríos de montaña, como el pato azul

(*Hymenolaimus malacorhynchos*) de Nueva Zelanda, el mirlo acuático (*Cinclus cinclus*) de Europa y el pato arlequín (*Histrionicus histrionicus*) de Norteamérica septentrional, Rusia oriental, sur de Groenlandia e Islandia. El hábitat del pato azul se encuentra mayoritariamente en lugares con alta pendiente y sustrato de rocas limpias. Además, el pato azul utilizaría con mayor frecuencia las zonas de transición entre alta y baja pendiente, lo que constituiría sectores con mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados. Aunque no pusimos a prueba esto último para el caso del pato cortacorrientes, observamos una mayor concentración en la confluencia de ríos que difirieron en pendientes, por ejemplo, la junta de los ríos Cachapoal y Las Leñas, o en la junta del Cachapoal con el Cortaderal.

Caudal y velocidad del agua

La importancia de la velocidad del agua en la selección del hábitat del pato cortacorrientes se reflejó en que este pareció preferir las cajas más angostas, ya que un río con menor caudal, pero con caja más angosta, mantiene cierto rango de velocidad del agua que se ajusta a sus requerimientos. En este mismo contexto, el que prefieran cajas mixtas puede apuntar a evitar una corriente demasiado fuerte. Estos resultados,

junto con las preferencias de pendiente y número de rápidos, sugieren que es la velocidad del agua, más que el caudal propiamente tal, un factor determinante en la selección del hábitat. Además, esta hipótesis se ve apoyada por las frecuentes observaciones de patos que hicimos en esteros de escaso caudal (cursos menores), pero con alta velocidad del agua.



La velocidad del agua, más que el caudal, sería un factor determinante en la selección del hábitat por el pato cortacorrientes. Esta hipótesis se ve apoyada por las frecuentes observaciones de individuos en esteros menores, de escaso caudal, pero con alta velocidad. Una alta velocidad del agua evita el embancamiento de sedimentos y mantiene las rocas limpias, las que constituyen el sustrato adecuado para la alimentación de los patos.

Presencia de conespecíficos

La abundancia de patos fue influida negativamente por la presencia de conespecíficos en sitios adyacentes, lo que probablemente fue el resultado de la conducta territorial de ambos sexos. Un 9% de las actividades observadas correspondieron a conducta territorial (Figura 72). A diferencia de lo descrito para los Andes del norte, en Chile central la conducta territorial tendió a atenuarse gradualmente al avanzar el verano y el otoño, en la medida que los patos juveniles se desarrollaban y se independizaban de sus padres, desplazándose hacia secciones bajas y más caudalosas. En invierno mantuvieron conductas

de relativa tolerancia, concentrándose en sectores de río más favorables.

La conducta territorial puede tener un alto costo energético, el que aumenta en proporción a la longitud del territorio que defienden, tal como ha sido observado en el pato azul. En dicha especie la oferta de alimento no sería un factor limitante y la defensa territorial podrá ser un “seguro” contra eventos catastróficos de crecida u otras bajas momentáneas en la disponibilidad de alimento.

Caminos e infraestructura

Los primeros impactos durante la construcción de una central hidroeléctrica se suelen relacionar con el aumento de la presencia humana, la habilitación de caminos, el movimiento de maquinaria, la pérdida de hábitat y el cambio en el uso del suelo. El pato cortacorrientes es reconocidamente tímido y se zambulle a la vista del ser humano, aumentando la frecuencia de escapes a menor distancia del observador. En Canadá, el pato arlequín utiliza más el río cuando no hay perturbación por pesca, embarcaciones, camping, residencia o caminos. Las actividades de rafting, kayak y la presencia de perros tienen efectos negativos en las poblaciones de pato azul en Nueva Zelanda, y lo mismo se observa en el pato cortacorrientes.

Este comportamiento tímido podría explicar el efecto marginalmente positivo de la distancia al camino sobre la densidad de patos. Sin embargo, la especie parece tener cierta tolerancia a la presencia de infraestructura, puesto que durante nuestro estudio registramos un nido en la compuerta de la bocatoma Pangal, y una pareja estableció su territorio a 200 metros del sitio de construcción de la bocatoma Chacayes.

Los patos cortacorriente se alimentan preferentemente de invertebrados acuáticos bentónicos y secundariamente de algas. Entre los estados larvales que consumen están los insectos de los órdenes Diptera, Trichoptera y Ephemeroptera, seguidos por los órdenes Coleoptera, Plecoptera y Lepidoptera. Estos organismos los obtienen buceando entre las fuertes corrientes de los ríos. El eje del río cercano a la orilla es el más poblado por estos insectos y es este eje precisamente el que utilizaron con mayor frecuencia los patos para alimentarse. De hecho, en las épocas más caudalosas, prácticamente no usaban el eje central del río para su alimentación. De los macroinvertebrados que identificamos en la cuenca del Cachapoal, cinco de las nueve familias presentes están adaptadas a aguas lólicas y cuatro son intolerantes a la contaminación. La familia dominante fue Chironomidae (Dípteros), uno de los grupos de insectos más frecuentes en los ecosistemas acuáticos.

Se ha propuesto la hipótesis de una posible competencia por alimento entre el pato cortacorrientes y las truchas arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*) y café (*Salmo trutta*), especies introducidas en Chile y presentes en los ríos de la cuenca del Cachapoal. En Chile la competencia entre salmónidos introducidos y el pato cortacorrientes aparentemente es efectiva.

En general no se describen diferencias estacionales o asociadas al sexo en la dieta del pato cortacorrientes. Sin embargo, condiciones ambientales de sequía y/o alta precipitación, pueden influir en la abundancia de sus presas lo que hace variar las preferencias y posibilidades

en el consumo de éstas.

Tanto machos como hembras evidenciaron un patrón regular de inmersiones. Del total de actividades realizadas por los patos, el 27% del tiempo lo invirtieron en alimentación. Pudimos diferenciar tres tipos de conducta de alimentación. En la primera, desde una roca o lugar ligeramente elevado sobre el río, los patos se lanzaban al agua y buceaban a su alrededor, volviendo a la misma roca u otra roca cercana y repitiendo la conducta. Esta técnica fue utilizada en el 76% de los registros de forrajeo. En la segunda técnica los patos avanzaban lentamente nadando contra la corriente y sumergiéndose repetidas veces, principalmente cerca de la orilla o en secciones de río con escasas piedras islas. Durante este tipo de forrajeo no se realizaban pausas en rocas ni orillas. Esta técnica correspondió al 18% de los registros de alimentación. Finalmente, en la tercera técnica, los patos se sumergían parcialmente y repetidas veces en áreas de baja profundidad, principalmente en orillas o junto a islotes. Esta última técnica correspondió al 6% de los registros de forrajeo.



El pato cortacorrientes posee un pico adaptado para raspar las rocas del fondo de los ríos en busca de invertebrados o algas. Además, posee unas patas palmeadas muy desarrolladas para impulsarse hacia el fondo mientras bucea y para nadar contra la corriente.

En la Tabla 12 es posible observar que durante el primer y segundo tipo de forrajeo, los patos permanecían sumergidos más tiempo que durante el tercer tipo de forrajeo. Esto se explicaría porque los primeros dos tipos de alimentación, se realizaban en tramos más profundos del río y con inmersión completa, en cambio el tercer tipo lo realizaban exclusivamente en las orillas, en zonas de escasa profundidad y con inmersión parcial.

Tabla 12. Tiempo de inmersión de pato cortacorrientes asociado a diferentes tipos de forrajeo. Noviembre 2013 a diciembre 2016.

Actividad	Segundos de inmersión			
	Promedio	Desviación estándar	Tiempo mínimo	Tiempo máximo
Forrajeo tipo A	8,47	2,59	1	45
Forrajeo tipo B	8,86	4,80	1	30
Forrajeo tipo C	2,77	0,67	1	7
General	8,68	3,69	1	45

No pareció existir un patrón horario de alimentación, aunque esta es siempre diurna. De hecho, con escasa luz, al amanecer o al atardecer, los patos solían mantenerse en reposo. Las observaciones evidenciaron que invierten gran parte del día en forrajear, actividad que correspondió al 35% del total de registros de actividad (125 de 361 observaciones) (Figura 72). Medimos el número y tiempo de inmersiones y descansos de los patos durante el forrajeo (Tabla 13), determinando que la actividad de forrajeo fue muy regular en términos del tiempo de cada inmersión y por lo tanto del número de inmersiones por minuto. El promedio de 16 segundos por inmersión registrado en nuestro estudio, también ha sido observado por otros investigadores, y dicho promedio tuvo una reducida desviación estándar (Tabla 13). El tiempo máximo de inmersión observado fue de 28 segundos y el mínimo de siete.

Tabla 13. Parámetros de actividad de forrajeo de pato cortacorrientes en la cuenca del río Cachapoal.

Fecha	Sexo y edad	Hora	Tiempo de observación (minutos)	N	Inmersiones				
					T promedio (segundos)	D.E de T (segundos)	T max. (segundos)	T min. (segundos)	Inmersiones por minuto
29-01-07	Hembra adulta	11:40 – 11:5	15	30	16,0	3,3	21	9	2
29-01-07	Macho adulto	12:39 - 13:03	24	50	14,9	3,5	28	9	2,1
29-01-07	Macho adulto	13:08 - 13:47	39	76	16,6	3,6	22	7	1,9
29-01-07	Macho adulto	14:19 - 14:22	3	6	16,0	3,6	20	10	2
29-01-07	Macho adulto	14:31 - 14:36	5	12	15,0	4,5	20	5	2,4
29-01-07	Macho adulto	15:07 - 15:28	21	35	18,1	2,8	23	13	1,7

La técnica de alimentación del pato cortacorrientes consistía en raspar con el pico la superficie de las rocas sumergidas, los espacios entre rocas y el fondo en busca de los invertebrados adheridos a ellas. La posición del cuerpo mientras estaban sumergidos era con la cabeza en dirección a contracorriente, lo que era esperable desde un punto de vista hidrodinámico considerando la fuerte corriente. Es destacable la capacidad del pato cortacorrientes de nadar contra la corriente, en inmersión o en superficie, capacidad que se asocia a su forma hidrodinámica, a su manejo de las corrientes y a la fuerza de sus patas, con una gran superficie palmeada. El pato cortacorrientes

maximiza la cantidad de presas en cada inmersión sin seleccionar el tipo de macroinvertebrado que captura, consumiendo lo que es más accesible y susceptible a la depredación, incluyendo en algunas raras ocasiones pequeños peces bentónicos.



Al pato cortacorrientes se le atribuye una mediocre capacidad de vuelo. Para trasladarse de un punto a otro lo hacían casi siempre nadando y a veces volaban para moverse aguas arriba o para huir. Lo observamos desplazándose de un lugar a otro volando sobre el río, generalmente a ras de agua, aguas arriba y con menor frecuencia aguas abajo o nadando aguas abajo.

Los patos manifestaron dos conductas de escape frente a la presencia de factores de potencial amenaza. La primera correspondía a una inmersión, dejándose

llevar río abajo por la corriente. En la segunda emprendían vuelo a ras de agua río abajo (Figura 72). En cualquier caso, su plumaje resultaba muy críptico, confundiéndose las hembras con las rocas y los machos con el agua torrentosa. Cabe destacar que, previo a este estudio, hemos observado vuelos nocturnos de patos cortacorrientes, circulares y batidos, a gran altura, tipo de vuelo que seguramente emplean para desplazarse mayores distancias, posiblemente entre cuencas.



Generalidades

Algunos autores describen para Chile –de forma más bien anecdótica– que los patos cortacorrientes presentan movimientos altitudinales locales dependiendo de la época reproductiva, de las variaciones del caudal y de nevazones a mayor altitud, hecho que hemos confirmado en nuestro estudio. Efectivamente, en otoño, los individuos bajan desde zonas altas de la cuenca y desde cursos menores cuyas condiciones en invierno pueden no ser favorables. En esos momentos, las zonas más bajas conservan mayores caudales. Por el contrario, en primavera y verano, como consecuencia del deshielo y del derretimiento de la nieve, los caudales aumentan en las cabeceras de los ríos y cursos menores, lo que posibilita el remonte de los patos por los ríos y esteros, y la dispersión de las

parejas, las que se disputan territorios a lo largo del río. Al parecer, los juveniles se mueven bastante antes de establecer su territorio. El establecimiento de parejas y definición de un territorio ocurre entre junio y julio, mientras que los comportamientos agresivos pueden mantenerse en los meses fríos, entre abril y septiembre, aunque están más atenuados. Tienen sus crías en septiembre y octubre, y cuidan a los juveniles hasta enero. En abril los patos jóvenes ya son subadultos y se juntan en pequeños grupos entre abril y junio, antes de tener plumaje adulto. Entre marzo y agosto, los individuos flotantes (juveniles, subadultos y adultos no reproductores) entrarían en conflicto con los dueños de los territorios.

Despliegues y vocalizaciones

Los patos cortacorrientes realizaban despliegues estereotipados y vocalizaciones durante algunas de sus conductas agresivas y de cortejo. Del total de tiempo invertido por los patos en diversas actividades, el 14% lo dedicaron a actividades de despliegues. Las

actividades asociadas a despliegues se realizaron durante todo el año, con una máxima inversión de tiempo en verano, durante el período reproductivo.



Los patos cortacorrientes realizan despliegues estereotipados y vocalizaciones durante algunas de sus conductas agresivas, territoriales y de cortejo. Cuando los patos se ven enfrentados a alguna tensión pueden repetir un movimiento con sacudidas de cabeza y erguidos extendiendo el cuello.

Definimos cuatro tipos de despliegues:

-Territorial: Pataleo intenso con el cuerpo erguido, el cuello inclinado hacia adelante y el cuerpo elevado sobre la superficie del agua (encuentro inicial). Aleteos cortos, rápidos y frecuentes en estación cuando el despliegue es de baja intensidad. Pataleo hacia atrás salpicando agua de espaldas al intruso y movimientos repetidos

inclinando el cuerpo con la cola erguida y abierta como abanico, en algunos casos también apertura y cierre repetitivo de alas y pico, cuando el despliegue es de mayor intensidad.

-Contacto: Movimientos de la cabeza en dirección hacia otro pato, el cual suele formar parte de su grupo familiar, por ejemplo, un pollo, juvenil o la pareja. También pueden realizar movimientos de

inclinación de cabeza y cuello y aleteo como los descritos en el despliegue territorial.

-Cortejo: Persecución insistente del macho a la hembra. Puede incluir movimientos de inclinación y aleteo como los descritos en el despliegue territorial.

-Vigilancia: Movimientos de cuello hacia adelante y hacia atrás con una postura erguida. El pato se encuentra atento ante cualquier disturbio o posible amenaza.

Cuando los patos eran perturbados podían repetir largamente el mismo movimiento descrito para

vigilancia, con sacudidas de cabeza, luego se erguían extendiendo el cuello para emprender el vuelo o para moverse a través de las rocas nadando, siendo seguidos por su pareja si estaban emparejados.

En general observamos una mayor proporción de tiempo invertido en despliegues de vigilancia comparado con los demás tipos de despliegue, con su máxima frecuencia en los meses de abril y mayo. Los despliegues territoriales mostraron su máxima inversión de tiempo en primavera, entre septiembre y diciembre (Figura 73). Por último, los despliegues de contacto se presentaron en baja proporción y aumentaron en verano (diciembre a marzo) que es cuando predominan los grupos familiares.

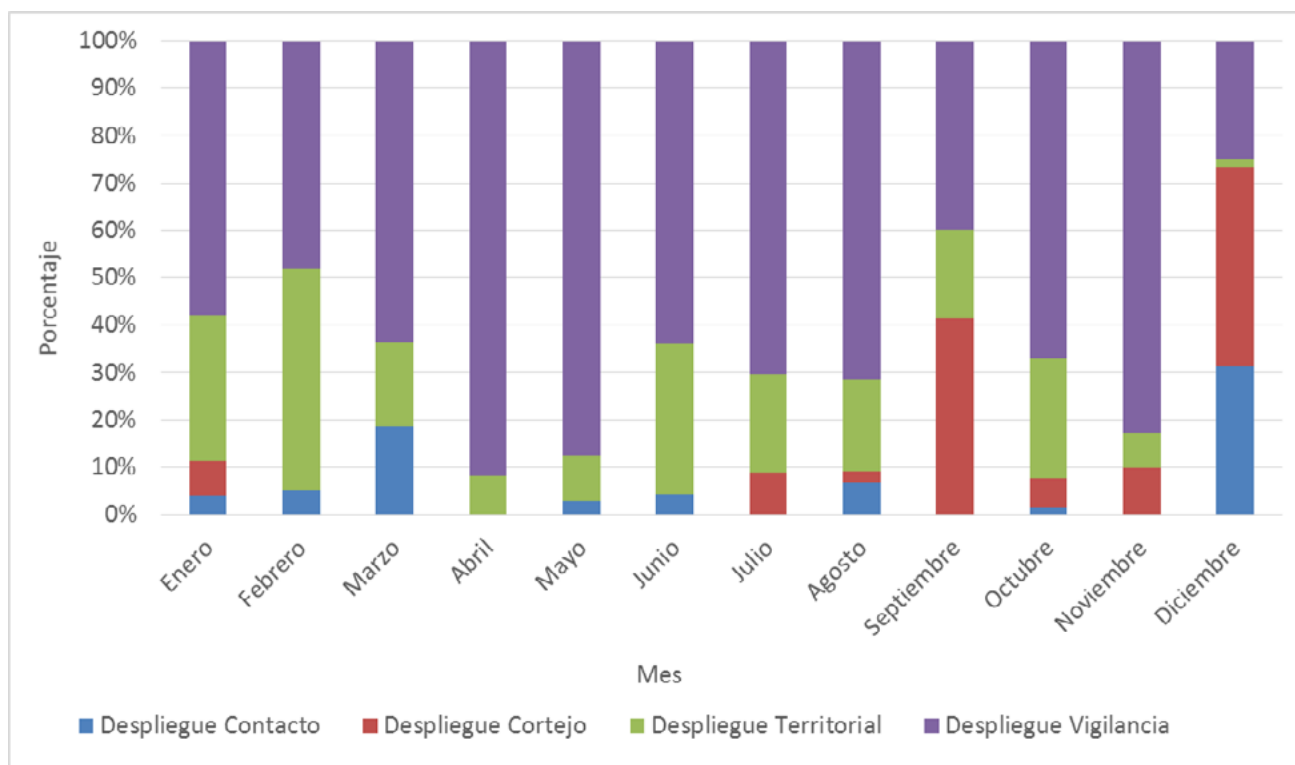


Figura 73. Porcentaje de tiempo dedicado a cada tipo de despliegue por mes. Período diciembre de 2013 a diciembre de 2016.

172 El pato cortacorrientes

Los patos cortacorrientes utilizaban regularmente la vía acústica para comunicarse. Las vocalizaciones ocurrían, la mayoría de las veces, de forma conjunta con los despliegues. Pudimos identificar vocalizaciones

de tres tipos: de alarma, de contacto entre macho y hembra, y las que realizaban durante sus exhibiciones territoriales.



Los patos cortacorrientes utilizan regularmente la vía acústica para comunicarse. Pudimos identificar vocalizaciones de tres tipos: de alarma, de contacto entre macho y hembra, y las que realizan durante sus exhibiciones territoriales.

Las vocalizaciones de los machos tuvieron tonos agudos y limpios silbando un “wheet”, mientras que las de las hembras fueron más ásperas emitiendo un “queech”, aunque con una frecuencia similar, entre 3 y 5 kHz, lo que está por encima del ruido de fondo del río (0 - 1,5 kHz). Fue común escuchar vocalizaciones con movimientos horizontales del cuello y cabeza, previo a las conductas de vuelo o nado por alarma y también en interacciones agresivas.

Durante las interacciones agresivas, emitían vocalizaciones potentes, que se registraban entre 4 y 5 kHz, junto con movimientos de cabeza y desplazando al rival. Además, existía un patrón de respuesta entre los individuos que interactuaban.

Del total de actividades realizadas por los patos, el 3% del tiempo lo invirtieron en actividades de vocalización. Estas se registraron a lo largo de todo el año, aumentando entre agosto y diciembre y en el mes de marzo. Tanto vocalizaciones como despliegues representaron una alta inversión de tiempo durante el período de primavera-verano, lo que podría vincularse con el período reproductivo y el cuidado parental de las crías.

Definimos tres tipos de vocalizaciones:

-Alarma: El macho vocalizaba un sonido limpio, de un solo tono “wheet” y poco frecuente, asociado en general a despliegues de vigilancia. La hembra en cambio vocalizaba menos frente a situaciones de alarma, y si lo hacía, producía un

sonido gutural áspero y seco “queech”, “gaga-brr”.

-Contacto: En general era el macho el que realizaba con mayor frecuencia este tipo de vocalizaciones, emitiendo un sonido claro de un solo tono “wheet-wheeow” y realizando vocalizaciones repetidas en tonos ascendentes y descendentes. La hembra no solía vocalizar bajo este tipo de situaciones, aunque podía producir un sonido gutural, áspero y seco “queech”, corto y de manera reiterativa.

-Territorial: El macho producía un sonido claro de un solo tono “wheet” o bien “wheet- wheeow” y realizaba vocalizaciones a intervalos de tiempo regulares, asociadas siempre a despliegues territoriales. La hembra en general no vocalizaba hasta cuando la intensidad del despliegue territorial aumentaba. En ese momento, la hembra producía un sonido gutural áspero y seco “queech”, “gaga-brr”, realizando vocalizaciones repetidas y muy rápidas.

El tipo de vocalización en la que invirtieron más tiempo fue la de contacto, seguido por las vocalizaciones territoriales y por último las de alarma (Figura 74). Las vocalizaciones territoriales aumentaban entre los meses de junio y agosto, lo que podría vincularse con el establecimiento de territorios para la reproducción. Las vocalizaciones de contacto aumentaban entre los meses de septiembre a marzo, lo que podría asociarse

con el cuidado parental. Los grupos familiares, al desplazarse por el río mientras se alimentaban, recurrían a las vocalizaciones para mantenerse en contacto, situación que también ocurría entre las

parejas. Por último, las vocalizaciones de alarma tienen por objetivo alertar en situaciones de peligro, y se observaron asociadas a nuestra presencia y, en menor medida, a la presencia de depredadores.

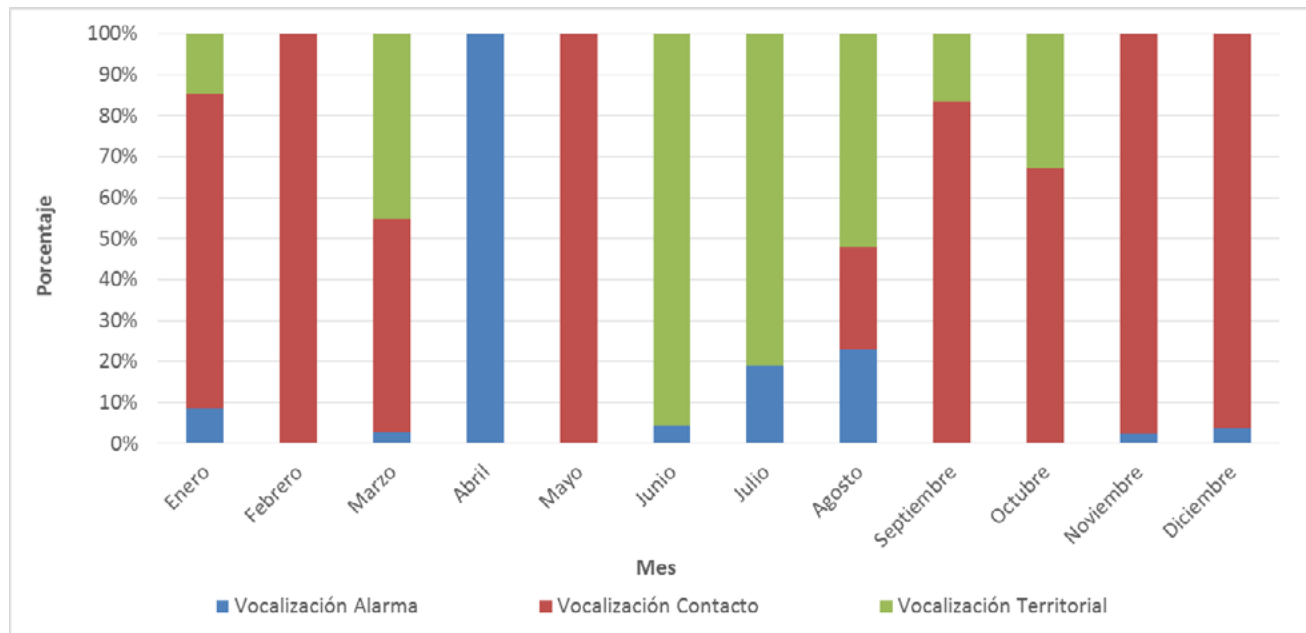


Figura 74. Porcentaje de tiempo dedicado a cada tipo de vocalización por mes. Período diciembre de 2013 a diciembre de 2016.

Conducta territorial

El pato cortacorrientes es una especie territorial. Ambos sexos presentaron despliegues conductuales de cortejo y territoriales a lo largo de todo el año, sin embargo, al llegar la temporada reproductiva, cuando los patos buscaban pareja, estos se establecían en un territorio para nidificar y lo defendían celosamente de los conespecíficos. El tamaño del territorio de las parejas lo estimamos en 1 a 2 km lineales de río aproximadamente, aunque se han descrito territorios desde los 200 m.



El pato cortacorrientes en Chile central presenta una conducta marcadamente territorial durante el período reproductivo, a diferencia de lo descrito para los Andes del norte de Sudamérica, donde son sedentarios y defienden un territorio durante todo el año.

Describimos tres categorías de intensidad del comportamiento territorial de los patos cortacorrientes. En el de menor intensidad el pato adoptaba una postura rígida y erecta, estirando el cuello, mirando hacia arriba y moviendo la cabeza de arriba abajo. Luego hacía un despliegue donde agachaba la parte frontal del cuerpo y levantaba la parte trasera, poniendo cabeza y cola rectas, en posición vertical. Estos comportamientos fueron acompañados por vocalizaciones consistentes en un graznido agudo. Esta conducta la observamos cuando los patos detectaron la presencia de otro individuo o pareja.

Cuando el comportamiento descrito anteriormente no era suficiente para desplazar al o los "intrusos", el pato se acercaba al intruso y repetía el comportamiento anterior, pero frente a frente, en el agua o sobre una piedra, incluso llegando al contacto físico, desplazando con el cuerpo al otro individuo hasta que abandonara el sitio.

Si el despliegue anterior no era suficiente, el pato se impulsaba con sus patas dando un pequeño salto. Cuando estaba en el agua el pato levantaba agua con la rabadilla, dando la impresión de ser lanzada a su oponente, hasta que alguno abandona el sitio.

Otros comportamientos de agresión que se registraron fueron el picoteo en la cabeza del contendor y la persecución en vuelo para que el pato intruso abandonara el territorio. También observamos enfrentamientos entre parejas vecinas, situación que se dio cuando una se vio forzada a abandonar su territorio debido, por ejemplo, a la presencia de pescadores, turistas u otras alteraciones. En estos casos la pareja invasora cedía el espacio rápidamente. La mayoría de los enfrentamientos fueron entre individuos del mismo sexo, y generalmente eran iniciados por los machos. De intensificarse la disputa, las hembras podían participar de las agresiones. Cuando las parejas estaban recientemente conformadas, ocupaban los mismos territorios utilizados en años anteriores y en este proceso de restablecimiento fue frecuente observar a las parejas invadiendo los territorios de sus vecinos.



Estructura social

La pareja es la estructura social básica, aquella que observamos con mayor frecuencia (32% promedio, 0% mínimo, 58% máximo), seguida por las observaciones de machos solitarios (32% promedio, 13% mínimo, 53% máximo), y hembras solitarias (21% promedio,

4% mínimo, 56% máximo) (Figura 75). Los machos y hembras solitarios fueron observados todos los meses.

Las parejas se observaron regularmente. El resto de los grupos sólo se observaron en ciertos períodos del año.

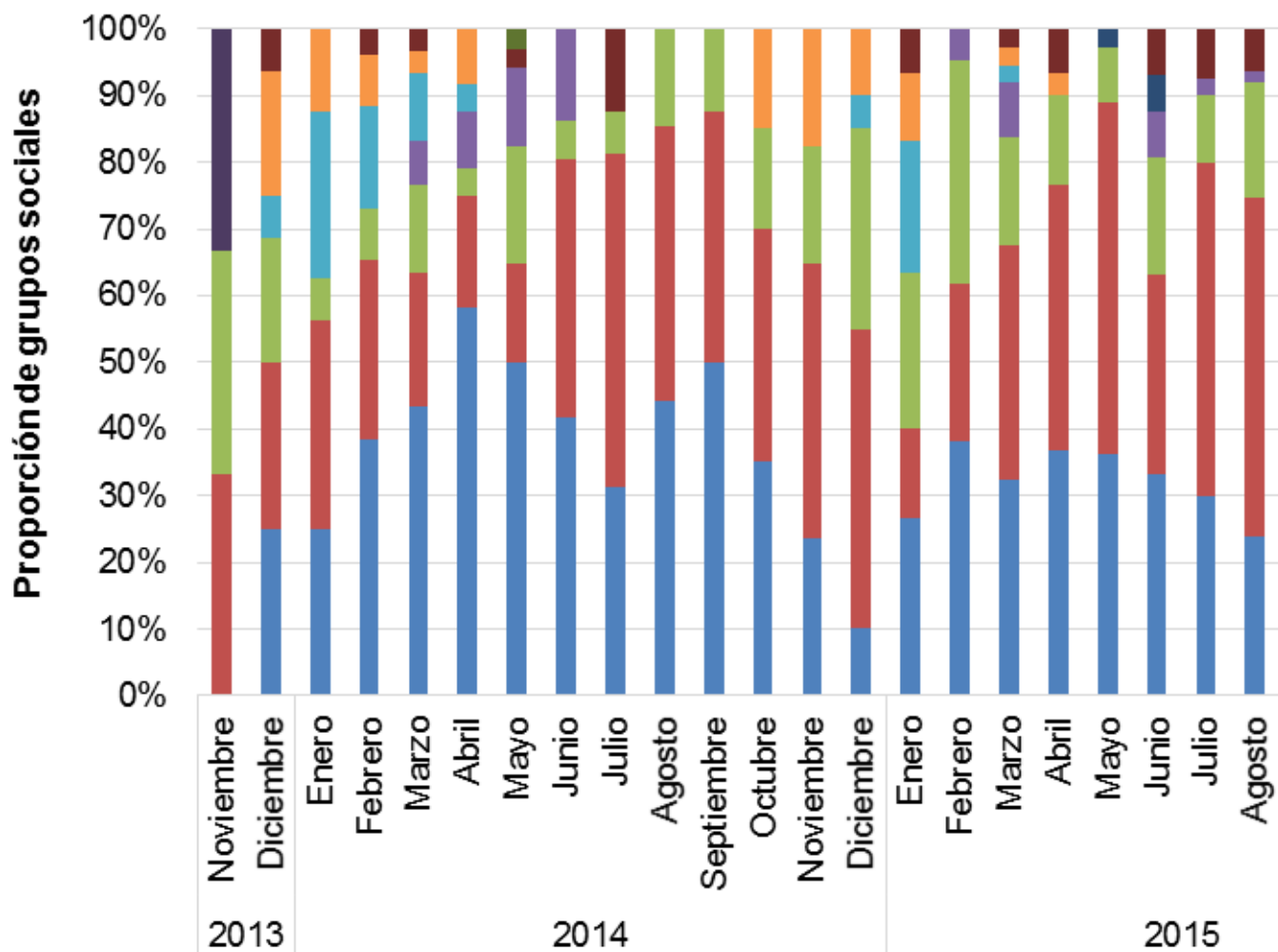
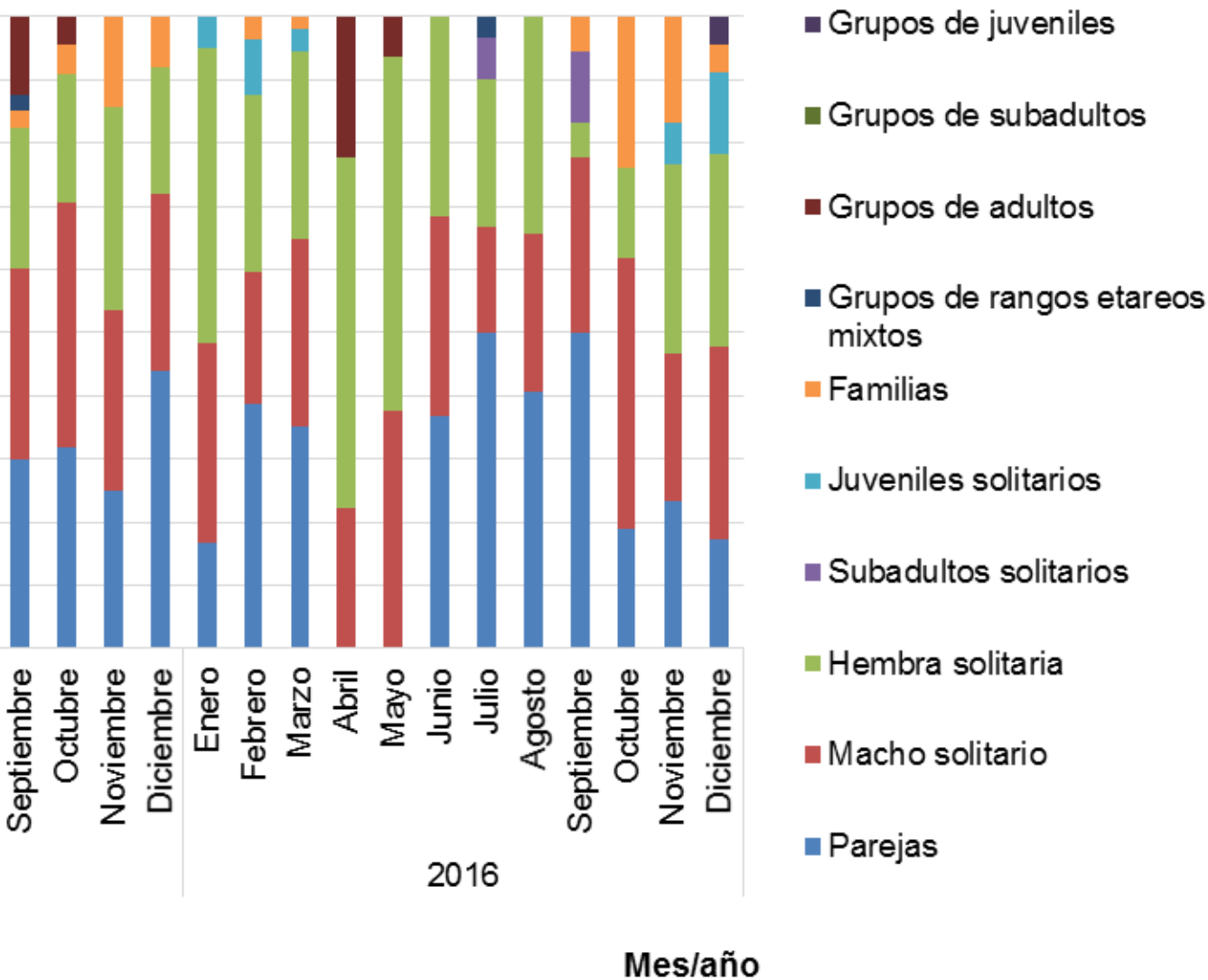


Figura 75. Proporción de tipos de agrupaciones de individuos de pato cortacorrientes. Período diciembre de 2013 a diciembre de 2016.

Los juveniles solitarios se registraron desde enero, disminuyendo hasta mayo. Los subadultos solitarios se registraron a partir de marzo, incrementando su proporción hasta septiembre, último mes en ser registrados. La disminución de juveniles, junto con el aumento de subadultos, se debería al proceso de

cambio de plumaje de los mismos individuos, los que pasan de un rango etario a otro. La presencia de familias se observa desde septiembre hasta abril, componiéndose en un principio de parejas con pollos (septiembre a enero), y luego parejas con juveniles (noviembre a abril).



Los patos cortacorrientes son monógamos, formando parejas en que, tanto el macho como la hembra, defienden un territorio. Fuera del período reproductivo podían permanecer temporalmente aislados o en grupos de tres o más individuos. La expulsión de individuos del territorio tiene implicancias ecológicas,

en la segregación de recursos tróficos y en la distribución geográfica de la población de una cuenca. Las agresiones territoriales aumentaban durante el período reproductivo, lo que en la zona central de Chile ocurría en primavera, a partir de julio y agosto.



Aunque es posible ver parejas reproductoras durante todo el año, es más probable detectarlas desde julio-agosto, momento en el que se establecen las parejas y defienden un territorio para anidar.

Cortejo y cópulas

Los eventos de cortejo consistían en un nado en pareja río abajo, sumergiéndose para luego emerger emitiendo vocalizaciones, con el macho realizando movimientos ondulatorios con el cuello, seguido de pequeñas patadas en el agua. Luego, la hembra se podía sumergir y el macho realizaba una persecución (con menor intensidad y frecuencia sucedía a la inversa, que la hembra perseguía al macho) mientras vocalizaban juntos. En algunos casos el cortejo se veía sucedido por cópula o en otros casos por alimentación o traslado de material al nido.

Luego de la persecución del cortejo, el macho se podía acercar a la hembra y vocalizar poniendo la cola recta horizontalmente, agachando la parte anterior del cuerpo y moviendo la cabeza hacia atrás

y adelante. La hembra respondía colocando el cuello recto horizontalmente y la cabeza hacia abajo. Luego, el macho montaba a la hembra, batiendo las alas, mientras la hembra mantenía su cuerpo horizontal, con las alas semiplegadas, sobre el agua o sobre una superficie sólida. Registramos cópulas en el agua, con el macho sobre la hembra y con esta total o parcialmente sumergida. Se han registrado cópulas con una duración entre 5 y 8 segundos. La cópula en el pato cortacorrientes, como en otros anátidos, no necesariamente ocurría previo a la puesta de huevos, constituyendo a veces una conducta de vínculo de pareja. En ocasiones, la conducta de persecución del macho y la cópula, podían parecer un comportamiento agresivo hacia la hembra.

Nidificación y cuidado parental

Los nidos eran construidos entre agosto y septiembre por ambos miembros de la pareja, aunque las visitas solían ser individuales. Estos se encontraban en paredones rocosos y altos, ubicados a la orilla del río, en hoyos en barrancas de tierra, entre rocas y también

en el suelo en islas en el río. En nuestro estudio también detectamos un nido en el muro de la bocatoma Pangal, lo que indica que los patos cortacorrientes pueden utilizar estructuras de origen artificial para nidificar.



Nido de pato cortacorrientes con huevos en el muro de la bocatoma Pangal, lo que indica que esta especie puede utilizar estructuras de origen humano para nidificar.

El nido se compone principalmente de hojas y pasto seco recubierto de plumón. Normalmente ponen de tres a cuatro huevos -aunque en nuestro estudio hemos registrado nidadas de hasta seis pollos- los que son incubados por la hembra durante un periodo de

43 a 44 días. Los huevos son de color beige, miden aproximadamente 5,7 cm de largo, 4,6 cm de ancho y pesan alrededor de 72 gramos. Solo la hembra incuba los huevos.



La incubación es realizada exclusivamente por la hembra y se extiende por 43 a 44 días.

En la cuenca del Cachapoal, las primeras eclosiones las observamos en septiembre. Macho y hembra colaboraban en la crianza y protección de sus hijos. Los polluelos recién nacidos nadaban desde el primer día en las orillas del río por lugares de poca corriente y profundidad bajo la permanente vigilancia de los adultos. Mientras las crías eran pequeñas, los grupos familiares estaban estrechamente asociados a segmentos o brazos del río con caudales bajos y

aguas superficiales, o a fajas ribereñas del río con caudales marcadamente inferiores al eje central. Ello posibilitaba a las crías sumergirse, buscar alimento en aguas someras y disminuía el riesgo de arrastre de crías aguas abajo. De hecho, en más de alguna ocasión pudimos constatar el efecto que podía provocar la perturbación, por ejemplo, por perros, pescadores o turistas, que en casos extremos generaban el escape de los adultos (siempre primero el macho ya que la

hembra era la que más se exponía para proteger a los pollos y mantenerlos agrupados), generando el intento de los pollos por cruzar el río tras sus padres, siendo arrastrados aguas abajo. Era altamente probable que esa situación haya sido causa de mortalidad de pollos. Cabe señalar que la época de mayores caudales asociados a los deshielos (septiembre a diciembre) coinciden con la presencia de patos en estados de pollos y juveniles.

Éstos permanecían con sus padres por tres meses. Los juveniles se mantenían en el territorio de los padres, aunque sin ellos, abandonándolo aún con plumaje de juvenil, y desplazándose bastante antes de establecer su propio territorio. Entre abril y junio, los subadultos se podían avistar en solitario o en grupos de tres o más individuos antes de adquirir el plumaje de adulto.



Macho y hembra acompañan y vigilan a los pollos. La hembra suele estar muy cerca de los pollos, y el macho vigila desde una roca. Frente a un peligro inminente la hembra suele mantenerse más tiempo junto a los pollos, exponiéndose bastante, lo que el macho no suele hacer.

Actividad reproductiva en la cuenca del Cachapoal

Durante las campañas mensuales de la temporada reproductiva 2017-2018, realizamos un seguimiento de todos los grupos familiares identificados. En los puntos de muestreo en que observamos pollos o juveniles, registramos sus características para determinar su edad aproximada. Para diferenciar los grupos familiares, recurrimos a la coincidencia espacial de los registros y a la coherencia en el grado de desarrollo de los inmaduros entre campañas. Ya que los patos presentaban una marcada conducta territorial durante la temporada reproductiva, y dada la baja movilidad de los estadios tempranos de desarrollo, consideramos altamente probable que los grupos familiares que observábamos en el mismo punto de muestreo, o en los puntos inmediatamente aledaños, en campañas sucesivas, fueran la misma familia. La presunción de asumir identidad a un grupo familiar a partir de

su ubicación, estuvo condicionada a que la edad estimada de los pollos/juveniles coincidiera con lo que esperábamos según las observaciones de la campaña previa, ello de acuerdo a los criterios que se detallan en la Tabla 14. En menor medida consideramos el número de inmaduros, debido a posibles detecciones imperfectas, sobre todo en estados tempranos de desarrollo de difícil detección, y a la posible mortalidad a medida que avanzaba la temporada. De este modo, hicimos un seguimiento de los grupos familiares durante la temporada reproductiva para evaluar la supervivencia de las crías hasta el estado de subadultos. Consideramos como éxito reproductivo la sobrevivencia de las crías hasta los cinco o seis meses de edad estimada, lo que coincidía con la etapa de emancipación y formación de grupos de subadultos.

Tabla 14. Descripción de los criterios de identificación de los distintos estados de desarrollo del pato cortacorrientes y su equivalencia en edad (meses).

Edad (meses)	Estado del desarrollo	Características generales	Hitos distintivos del estadio del desarrollo	Meses de ocurrencia
0	Nacimiento	2 a 6 huevos.	Huevo color beige (5,7cm L y 4,6cm A)	La observación de pollos se concentra entre septiembre y noviembre
1	Pollo	Crías nidífugas. Cuerpo cubierto de plumón. Raquis de plumas caudales desprovisto de barbas	Poseen un plumón color jaspeado café, blanco y negro.	
2	Juvenil	Coloración corporal general es gris (en diversas tonalidades) y vientre, pecho y garganta son blanquesinos	Aparición de plumas en la cola (gris oscuro). vientre, dorso y hacia la cabeza (en diversas tonalidades de gris)	La observación de juveniles se concentra entre noviembre y marzo
3	Juvenil	Coloración corporal general es gris claro, y vientre, pecho y garganta son blanquesinos	Aparición de plumas alares (primarias principalmente)	
4	Juvenil	Coloración corporal general es gris claro, y vientre, pecho y garganta son blanquesinos	Plumaje corporal totalmente desarrollado y casi todas las alares presentes. Coloración corporal uniforme.	
5	Subadulto	Coloración dorsal es gris oscuro, plumas cobertoras son jaspeadas con gris y blanco. Zona vertebral blanquecina	Muda de plumas caudales, escapulares y dorsales. Poseen coloración de adulto. Comienza aparición de dimorfismo sexual.	La observación de subadultos se concentra entre marzo y junio.
6	Subadulto	Plumas firmes, coloración general de acuerdo al sexo la que aumenta en cobertura de acuerdo a la edad.	Comienza muda de los flancos y cabeza.	
7	Subadulto	Plumas firmes, coloración general de acuerdo al sexo la que aumenta en cobertura de acuerdo a la edad	Comienza la muda del pecho, vientre y alares (las cuales mudan simultáneamente)	
8	Subadulto	Plumas firmes, coloración general de acuerdo al sexo la que aumenta en cobertura de acuerdo a la edad	Finaliza muda del pecho y vientre, aunque algunos individuos conservan plumas rufas en vientre (ambos sexos).	
9	Adulto	Coloración típica de ejemplares adultos, aunque poseen sectores de plumaje que aún están en proceso de muda	Comienza muda a plumaje de adulto, aún pueden permanecer en grupos de subadultos.	A partir de mayo, pollos eclosionados en agosto alcanzarían el estadio adulto
10,0	Adulto	Coloración típica de ejemplares adultos.	Adquieren plumaje de adultos, es imposible diferenciarlos de otros adultos.	

Áreas relevantes para la reproducción

En la Figura 76 presentamos el área de muestreo mensual en los ríos principales, con los puntos donde se evidenció actividad reproductiva entre 2007 y 2018, y el porcentaje de años con presencia de pollos y/o juveniles en el total de años de monitoreo realizados en cada cuenca. Además, en las figuras 77 y 78 presentamos los registros de zonas con actividad

reproductiva, previo y posterior al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes, respectivamente. Cabe recordar que para los ríos Cachapoal, Pangal y Cipreses teníamos datos desde 2007; para el río Cortaderal y Las Leñas a partir de enero de 2010; y para el río Blanco desde abril de 2013.

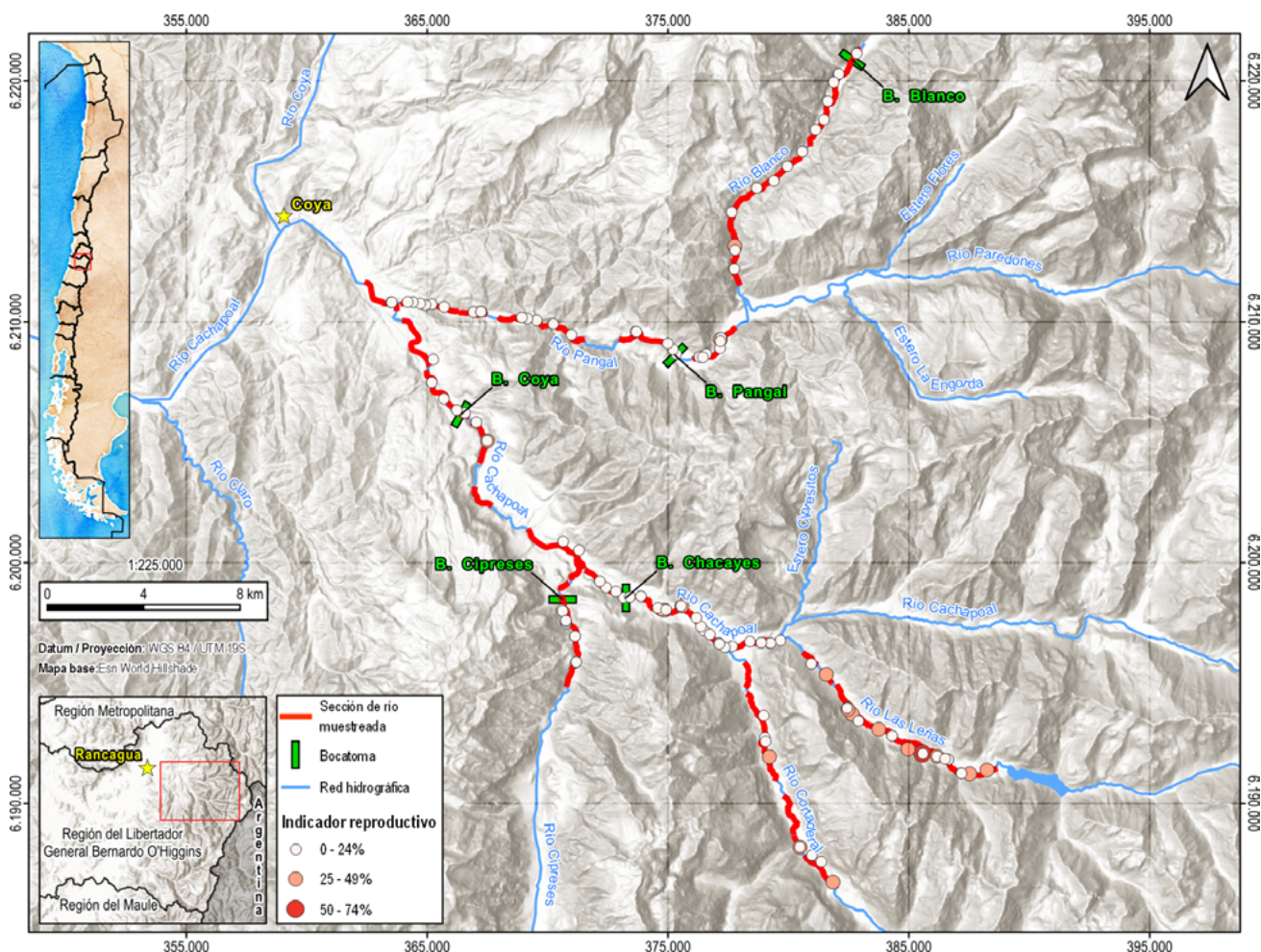


Figura 76. Áreas de relevancia para la reproducción de pato cortacorrientes en la cuenca del Cachapoal, considerando todo el período de monitoreo en los ríos principales, desde 2006-2007 hasta 2017-2018.

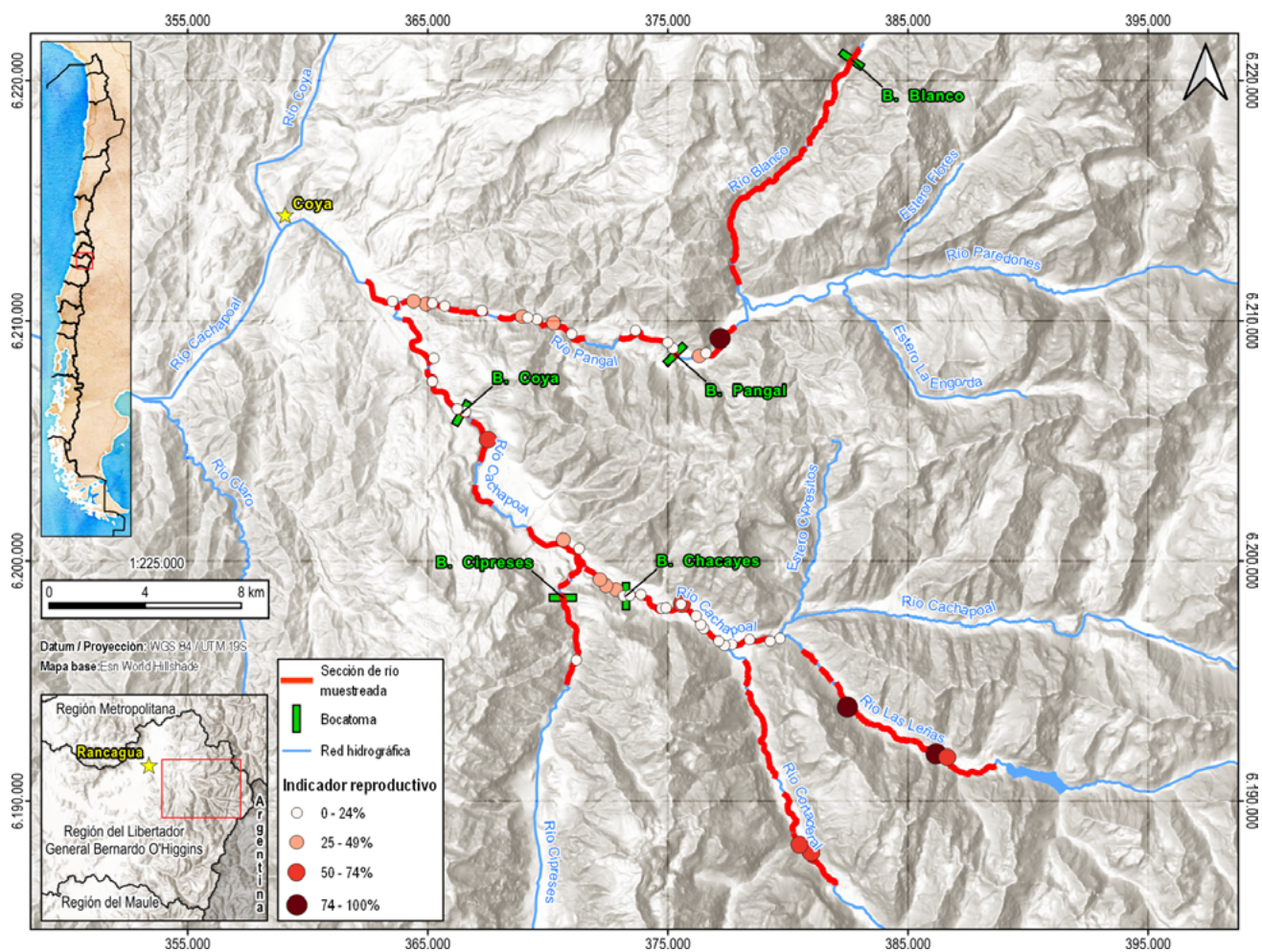


Figura 77. Áreas de relevancia para la reproducción de pato cortacorrientes en la cuenca del Cachapoal, previo al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes (temporadas reproductivas 2006-2007 a 2011-2012).

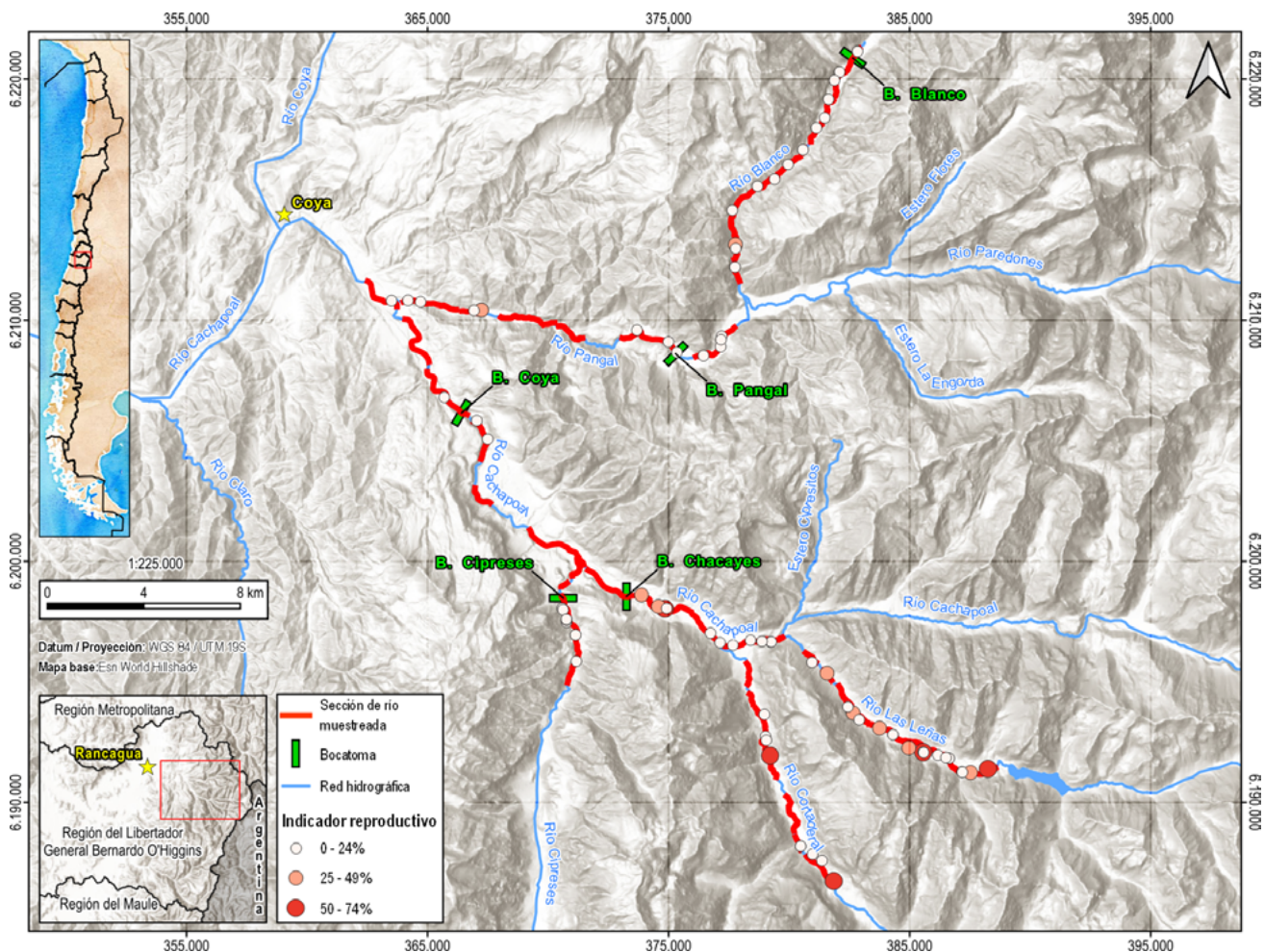


Figura 78. Áreas de relevancia para reproducción de pato cortacorrientes en la cuenca del Cachapoal, para el período posterior al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes (temporadas reproductivas 2012-2013 a 2017-2018).

Entre enero de 2007 y diciembre de 2018, observamos algunos tramos de río que destacaron como áreas recurrentes de reproducción. Entre las cuencas con caudal natural, destacó el río Las Leñas, donde la mayor parte de los puntos de muestreo tuvieron registros de reproducción en el 25 a 49% de los años de monitoreo, destacando algunos de ellos con 50% a 74%. Asimismo, el río Cortaderal, evidenció un par de tramos de importancia para la reproducción. En la

temporada 2017-2018, no registramos reproducción en el río Cortaderal, lo que atribuimos a la incidencia de la obstrucción del desagüe superficial de la laguna Pejerreyes y su efecto sobre las condiciones del río. Sin embargo, en lo que pudimos muestrear de la temporada reproductiva 2018-2019 (de agosto a diciembre), constatamos la restitución de la actividad reproductiva en este río, observando tanto pollos, como juveniles.

Dentro de las cuencas intervenidas, en los tramos aguas abajo de las bocatomas, destacaron algunos puntos entre las bocatomas Coya y Chacayes en el río Cachapoal, bajo la bocatoma Pangal, y bajo la bocatoma en el río Blanco, con porcentajes entre 50% y 74% de años con eventos reproductivos en el total del período de monitoreo. Por otra parte, al evaluar los tramos sobre bocatomas, el tramo sobre la bocatoma Pangal registramos puntos con la mayor cantidad de años con eventos reproductivos (50 a 74%). Otros puntos sobre la bocatoma Chacayes en el río Cachapoal, también tuvieron reproducción frecuente. El resto de los eventos reproductivos los observamos en diversos tramos y de manera errática.

Durante el desarrollo del monitoreo observamos una disminución en la frecuencia de eventos reproductivos (presencia de pollos y/o juveniles), y un cambio en la disposición de los tramos utilizados para la reproducción, con un aparente desplazamiento hacia los tramos sobre las bocatomas y cuencas sin intervención. La Figura 77 representa las áreas de reproducción entre los períodos reproductivos 2006-2007 y 2011-2012, previo al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes. Por su parte, la Figura 78 representa los períodos 2012-2013 a 2017-2018, posterior al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes. A partir de la comparación de ambas imágenes observamos que los cinco sitios con alta frecuencia de eventos reproductivos entre las bocatomas Coya y Chacayes en el río Cachapoal, dejaron de ser relevantes luego del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes. Por otra parte, el río Pangal mostró

una disminución general en la presencia de eventos reproductivos, tanto en los tramos bajo como sobre la bocatoma. Por último, a diferencia de los ríos Cachapoal y Pangal, los ríos Cipreses, Cortaderal y Las Leñas aumentaron su relevancia, incrementando el número de puntos con eventos reproductivos y el porcentaje de períodos reproductivos con presencia de individuos inmaduros.

Por lo tanto, en los tramos aguas abajo de las bocatomas, como observamos en el tramo bajo la bocatoma Chacayes en el río Cachapoal luego del inicio de la operación de la misma, disminuyó la presencia de inmaduros, situación dada por una disminución en la calidad del hábitat. En la temporada reproductiva 2017-2018, no registramos eventos de reproducción en los tramos bajo bocatomas en los ríos Pangal y Cachapoal.



Uno de los efectos de las bocatomas es que aguas abajo de estas los índices reproductivos del pato cortacorrientes decaen significativamente, lo que evidencia un deterioro en la calidad del hábitat.

Aunque las cuencas con caudales naturales podrían haber adquirido mayor relevancia por un desplazamiento de patos hacia tramos de ríos con mejores condiciones de hábitat para la reproducción, el aumento sostenido de los indicios de reproducción en los ríos Cortaderal, Las Leñas y Cipreses (ríos con caudal natural) no coincidió temporalmente con el inicio de la operación de la bocatoma Chacayes. Este incremento de actividad reproductiva ocurrió entre tres y cuatro años después del inicio de la operación, a

pesar de que el tramo de río afectado por la bocatoma fue abandonado de manera inmediata. Es decir, la progresión del incremento de la actividad reproductiva en los ríos con caudal natural no fue coherente con una causalidad directa o inmediata del inicio de la operación de la bocatoma Chacayes.

Los ríos con caudal natural como el río Cortaderal, Las Leñas y casi todo el curso del río Cipreses, mostraron regularidad en la presencia de eventos reproductivos,

sobre todo en los últimos cinco períodos reproductivos del estudio, dando cuenta de una mayor estabilidad de eventos reproductivos, incluso en situaciones de crecidas catastróficas. El estudio de monitoreo a largo plazo indicó que los ríos Las Leñas y Cortaderal, pueden estar operando como fuente para la población a nivel de toda la cuenca del Cachapoal.

Dado lo expuesto, cabe destacar la importancia de los tramos de río sobre bocatomas, los ríos no intervenidos (caudal natural) y los sectores donde se registró reproducción en un porcentaje mayor al 25% durante el período posterior al inicio de la operación de la bocatoma Chacayes.



Los mejores sitios para reproducción de patos cortacorrientes estuvieron en ríos no intervenidos, y cuando lo estuvieron en ríos intervenidos, fue aguas arriba de las bocatomas, es decir en tramos con caudal natural. En la imagen una pareja de patos con seis pollos, un número inusualmente alto.

Éxito reproductivo temporada 2017-2018

Como se señaló anteriormente, durante la temporada reproductiva 2017-2018, más específicamente entre agosto de 2017 y marzo de 2018, realizamos un seguimiento de todos los grupos familiares detectados. En este período identificamos diez grupos familiares a partir de su ubicación y composición (Tabla 15). De estos grupos, a seis (60%) los registramos en el río Las Leñas, dos (20%) en el río Blanco, uno (10%) en el río Cachapoal y uno (10%) en el río Cipreses.

Tabla 15. Detalle del seguimiento de diez grupos familiares de pato cortacorrientes identificados en la zona de estudio entre agosto de 2017 y marzo de 2018.

Temporada	ID grupo familiar	Puntos de muestreo	Cuenca	Primera observación			Última observación		Resultados		
				Campaña	Número crías	Edad estimada	Campaña	Sobrevivientes	N° meses observación	Crías subadulto	% éxito
2017-2018	1	14	Cachapoal	Septiembre	3	1 mes	Noviembre	2	3	0	0%
2017-2018	2	106,107	Las Leñas	Octubre	2	1 mes	Marzo	2	6	2	100%
2017-2018	3	110	Las Leñas	Octubre	3	1 mes	Noviembre	2	2	0	0%
2017-2018	4	159	Blanco	Noviembre	2	1 mes	n/r*	n/r*	1	0	0%
2017-2018	5	112-A	Las Leñas	Noviembre	6	1 mes	n/r*	n/r*	1	0	0%
2017-2018	6	138	Blanco	Diciembre	1	1 mes	n/r*	n/r*	1	0	0%
2017-2018	7	101,103	Las Leñas	Diciembre	3	2 meses	Febrero	3	3	3	100%
2017-2018	8	143	Cipreses	Enero	4	1 mes	n/r*	n/r*	1	0	0%
2017-2018	9	101-A, 101	Las Leñas	Enero	4	1 mes	Abril	4	4	4	100%
2017-2018	10	101, 103	Las Leñas	Enero	4	5 meses	Febrero	4	2	4	100%

*n/r: No registrado. Se utiliza para aquellos grupos familiares que sólo fueron detectados en una oportunidad, sin que se haya vuelto a realizar un nuevo avistamiento de inmaduros en un estadio de desarrollo coherente en el sector de la primera observación.

De los diez grupos familiares estudiados, en sólo cuatro casos documentamos la sobrevivencia de las crías hasta el momento de la emancipación. En otros cuatro casos, las crías sólo las observamos en una campaña, sin que volviéramos a documentar la presencia de

juveniles de edad equivalente en los tramos de río aledaños a la observación inicial. Estos resultados nos sugirieron una alta mortalidad en el primer mes de vida y baja con posterioridad.



Pudimos verificar una alta mortalidad de pollos en el primer mes luego de la eclosión, pero baja luego del mes.

En los pollos fue característico el plumaje jaspeado café y blanco. Luego, los jóvenes patos adquirieron el plumaje de juvenil, siendo las plumas de la cola las primeras en desarrollarse, luego emergieron las de la superficie ventral y lateral, la cabeza y espalda, y finalmente se desarrollaron las plumas de vuelo de las alas. En algunos individuos, tanto machos como hembras, se visualizaban algunas plumas rojizas en el pecho, las que podían confundir en la identificación del sexo. Posteriormente adquirían el plumaje de subadulto, con una coloración claramente diferenciable entre machos y hembras. Las hembras en transición de juvenil a subadulto mostraban un vientre blanco y la garganta y pecho rojizos. En el caso de los machos, los subadultos tenían un plumaje moteado de blanco y negro en la cara y pecho. Aproximadamente

a partir de junio, los subadultos comenzaban a adquirir el plumaje de adulto, siendo difícil diferenciarlos de los adultos a partir de ese momento. Luego de adquirido el plumaje de adulto, no se observaron patrones de coloración que permitieran discriminar individuos de edades más avanzadas, ni diferenciar entre plumaje reproductivo y no reproductivo.

Parecía difícil describir un patrón de muda por temporada, pero fue probable que la muda del plumaje del cuerpo en verano y otoño fuera más habitual y simultánea o posterior a la muda de las plumas de vuelo de las alas. La muda de la cola parecía ocurrir en cualquier estación, lo que nos sugería un reemplazo constante de plumas o doble muda en cada año.



Macho adulto mudando las plumas de las alas (ave de la derecha).



Hembra adulta con las plumas de las alas y cola en crecimiento.

Con respecto al espolón presente en las alas, se describe una relación entre su tamaño y la edad. Éste está presente en los dos sexos, pero en el macho era más desarrollado. El crecimiento del espolón comienza desde que son juveniles. Su tamaño y forma puede ser un buen carácter para reconocer la edad de los machos. Precisamente el nombre científico de la especie hace referencia al espolón, ya que “*armata*” significa arma en latín, haciendo directa alusión a este.

Los registros de muda los clasificamos en tres tipos: a) plumaje completo, b) plumaje en muda y c) plumaje en crecimiento. En el estado de plumaje completo los patos poseían la totalidad de las plumas de vuelo (primarias, secundarias, terciarias y rectrices), con perfecta capacidad de vuelo. Con plumaje en muda los patos se encontraban desprovistos total o parcialmente de plumas de vuelo y no tenían capacidad de vuelo. Con plumaje en crecimiento los patos se encontraban desprovistos parcialmente de plumas

de vuelo y estas se encontraban en crecimiento, con reducida capacidad de vuelo. Observamos patos mudando y en crecimiento de plumaje principalmente

en primavera y verano (Figura 79). Las mudas parecían ocurrir en similar proporción y temporalidad en machos y hembras (Figura 80).

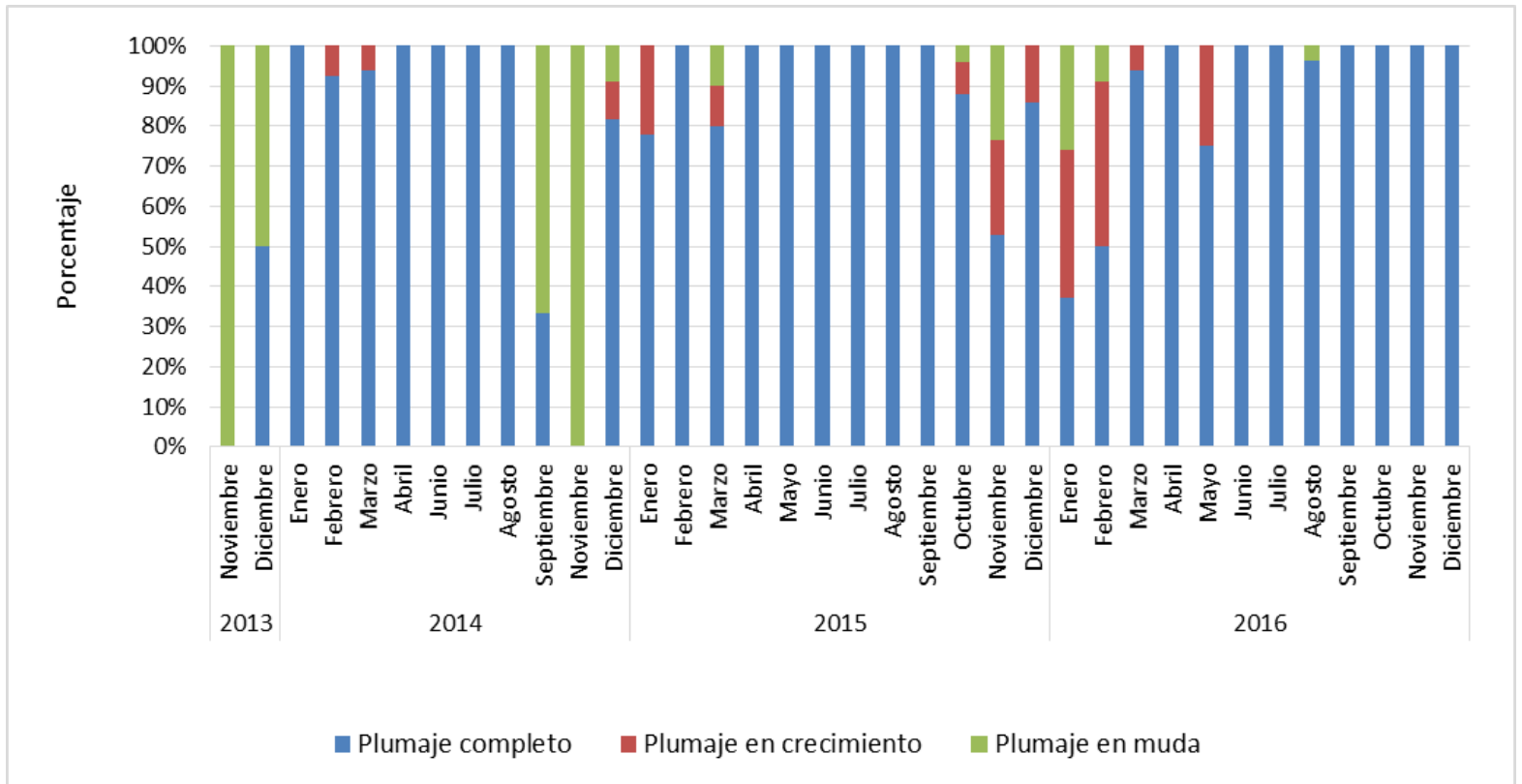


Figura 79. Proporción de registros de individuos según condición del plumaje. Período diciembre de 2013 a diciembre de 2016. *Meses que no aparecen en el gráfico corresponden a meses sin datos de plumaje para ese sexo.

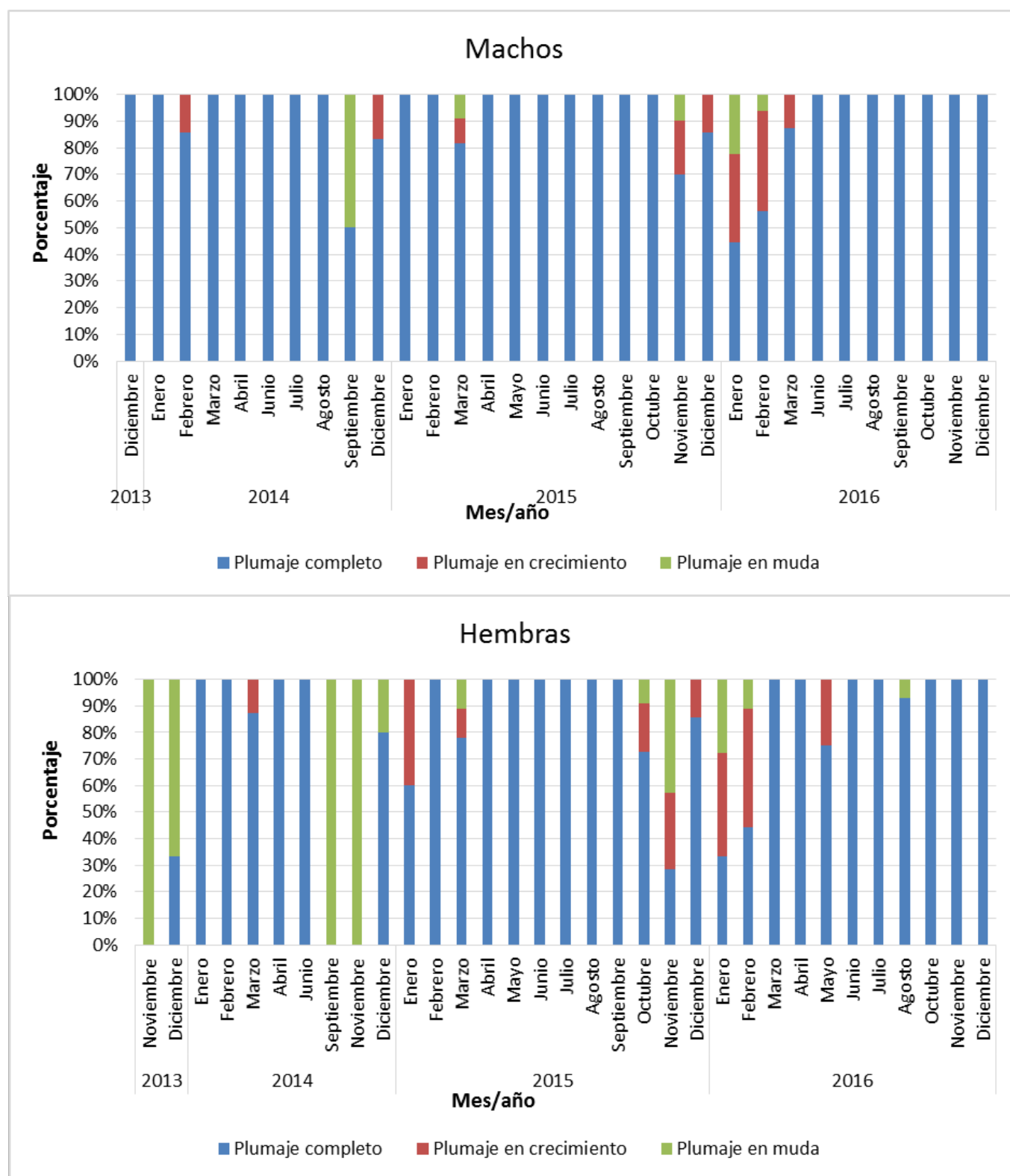


Figura 80. Proporción de machos y hembras de pato cortacorrientes según condición del plumaje. Período diciembre de 2013 a diciembre de 2016. *Meses que no aparecen en el gráfico corresponden a meses sin datos de plumaje para ese sexo.

De las conductas evaluadas en los patos, estos pasaron el 47% del tiempo estacionados sobre rocas, y del total del tiempo que permanecieron estacionados, el 29% estuvieron acicalándose el plumaje. Esta medición reflejó la importancia del cuidado del plumaje, en el cual invirtieron prácticamente un tercio

del tiempo de permanencia estacionados sobre rocas. El acicalamiento es una actividad de vital importancia, ya que les permite mantener su plumaje impermeable, lo que a su vez les permite regular la temperatura corporal en las frías aguas de los ríos de montaña.



En la foto superior se observa una hembra adulta impregnando el pico con el aceite que extrae desde la glándula uropigial ubicada en la rabadilla, para esparcirlo en el plumaje e impermeabilizarlo. En la foto de abajo la misma hembra mostrando un plumaje completo, con los espéculos verdosos sobre las alas, y en la cola se observan plumas rectrices nuevas (oscuras) y antiguas (claras).

EPÍLOGO: EL FUTURO

Al finalizar esta apretada síntesis de nuestro extenso viaje de 14 años de estudio, contemplación y deleite de una de las aves más bellas, impresionantes y emblemáticas de los ríos de los Andes, conviene repasar algunos de los aspectos que relevamos y que podrían tener directa implicancia en las expectativas de conservación del pato cortacorrientes en Chile central.

Un aspecto relevante y que caracterizamos en detalle en nuestro estudio, es el hecho de que todos los ríos, grandes y pequeños, a mayor o menor altitud, permanentes o no, tienen un comportamiento singular desde el punto de vista de su aporte al sostén de la población de patos cortacorrientes. Sin embargo, en conjunto, toda esta malla fluvial forma un sistema integrado y complejo, el cual, en definitiva, determina la dinámica y la salud de la población de patos cortacorrientes en las grandes cuencas. A ello contribuye la capacidad de los patos de reubicarse en uno u otro río o tramo de estos, en función de los imperativos meteorológicos estacionales, de los eventos puntuales de gran magnitud -como pueden ser los derrumbes y las grandes crecidas- o en función de las intervenciones humanas de los ríos. En este sentido es destacable la capacidad que tenían los patos de abandonar unos sectores y concentrarse en otros, modificando su conducta territorial y estableciendo llamativas conductas protocolares estereotipadas que ordenan y permiten la convivencia.

Entonces, las consecuencias sobre la población de

patos cortacorrientes que tienen los fenómenos puntuales en un determinado río, sean estos naturales o antropógenos, tienen que ser entendidas a nivel de la cuenca completa, que es la escala espacial mínima para comprender los fenómenos poblacionales del pato cortacorrientes. De aquí surge la necesidad de relevar el manido concepto de “manejo de cuencas”. En suma, el número y ubicación de las intervenciones de los ríos en una cuenca no dan lo mismo, y es preciso no sobrepasar los límites de modo de no alterar sus funciones ecológicas.

Otro aspecto que relevamos en detalle y que contrasta con los fenómenos espacialmente puntuales, son las grandes crecidas, generalmente otoñales, que afectan a los ríos de las cuencas completas y que tienen consecuencias determinantes en la regulación y dinámica poblacional del pato cortacorrientes. Probablemente no hay otra latitud en los Andes, como ocurre en Chile central, en donde los fenómenos catastróficos asociados a las crecidas sean tan frecuentes y de tal magnitud. En este dinámico escenario, los patos cortacorrientes han desarrollado estrategias que les han permitido adaptarse, y posiblemente la dinámica poblacional de la especie en Chile central sea única.

Aunque se suele pensar en el caudal de los ríos como un factor determinante del hábitat del pato cortacorrientes, en realidad es la velocidad del agua uno de los factores clave. Por esta razón, los ríos de montaña, en terrenos con alta pendiente y, por

ello, con abundante presencia de rápidos, son los ambientes favoritos de este pato. La alta velocidad del agua de los grandes ríos o de los pequeños esteros, los mantienen fríos, bien oxigenados, libres de la proliferación de algas, con sus fondos pedregosos limpios de sedimento, sin embancamientos, lo que es clave para las condiciones del sustrato donde el pato se alimenta de los invertebrados adheridos a las rocas. Este aspecto es relevante en términos de eventuales medidas de manejo.

Otro aspecto destacable que pudimos relevar en el curso de nuestro estudio fue la capacidad de los ríos, en concreto del Pangal, de restituir sus condiciones ecológicas, incluyendo su aptitud como hábitat para el pato cortacorrientes, una vez que se restituyen los caudales naturales, incluso luego de un siglo de operación de la central Pangal. Este aspecto es relevante a la hora de definir la reversibilidad de los impactos sobre el pato cortacorrientes por efecto de la operación de centrales hidroeléctricas de pasada, ello

en la medida que se conserven núcleos poblacionales fuente de individuos en ríos no intervenidos.

Por último, queremos dar una señal de alerta respecto de las posibles consecuencias del cambio climático en el futuro del pato cortacorrientes en Chile central. Como hemos visto, los ríos principales de la cuenca del Cachapoal, como en todas las grandes cuencas cordilleranas de Chile central, son alimentados durante gran parte del año por el derretimiento de los glaciares. Durante las últimas décadas, y particularmente durante los últimos años, como consecuencia del aumento de la temperatura, el retroceso de los glaciares avanza de forma acelerada. Por lo tanto, la eventual desaparición de masas glaciares de Chile central va a implicar, no solo un tremendo problema para el abastecimiento de agua para la población humana, sino que también va a implicar una merma hídrica hasta niveles posiblemente intolerables para los patos cortacorrientes durante los meses cálidos del año.





Cuando ya no hay nieve en las montañas, durante gran parte del verano y del otoño, los ríos principales de la cuenca del Cachapoal son alimentados por el aporte de glaciares. En la imagen se aprecia el extremo norte de la gran masa glaciar de la Sierra del Brujo, la que alimenta en parte al río Cortaderal y al río Cipreses, y cuyas lenguas de hielo se encuentran en franco retroceso, a una tasa estimada de 16 m por año.

Junto con el aumento de la temperatura, la reducción dramática de las precipitaciones invernales, tanto de lluvias como de nieve, ha tenido un impacto importante en la provisión de agua para los ríos, especialmente significativo para los cursos menores durante los meses de primavera y principios del verano. La sequía extrema, la que se prolonga por más de una década en Chile central, puede implicar una reducción importante en la disponibilidad de hábitat para el pato cortacorrientes durante la temporada reproductiva.

Por último, los eventos climáticos extremos han incrementado su frecuencia e intensidad, y entre ellos cabe destacar el efecto que pueden llegar a tener las crecidas catastróficas de otoño, las que son consecuencia de precipitaciones torrenciales con isoterma cero a altitudes superiores a lo normal. Si bien, el efecto modulador de las crecidas sobre la dinámica poblacional que hemos caracterizado en nuestro estudio parece ser compatible con la existencia de la población de patos, cabe preguntarse el efecto de largo plazo que podría llegar a tener sobre su población un aumento en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos.

No queremos terminar este relato con un mensaje pesimista. Por el contrario, queremos llamar la atención respecto de lo mucho que se puede hacer en favor de la conservación del pato cortacorrientes y su ambiente. Como hemos comentado, el cambio climático podría eventualmente conducir al pato cortacorrientes y a todo el ecosistema mediterráneo de Chile central

a un deterioro significativo, una situación que es menester estudiar y monitorear, y en la cual el pato cortacorrientes se plantea como un buen indicador. Aunque el cambio climático es un fenómeno sobre el cual todos debemos contribuir a detener, este es global y a nivel planetario, y en gran medida depende de actores sobre los cuales nuestra influencia es limitada. Sin embargo, a nivel nacional, local y de las comunidades asociadas a las cuencas, como puede ser la cuenca del río Cachapoal, se puede ejercer una serie de acciones concretas de manejo y plantear desarrollos amigables con los ríos y sus habitantes. En ese sentido todos los actores presentes en la cuenca y en particular los generadores de hidroelectricidad mediante centrales de pasada, pueden hacer una importante contribución, sin embargo, para ello es menester conocer la cuenca, sus recursos y sus límites de tolerancia. Iniciativas desarrolladas por Pacific Hydro como el Atlas del Alto Cachapoal, estudios y publicaciones sobre el ciprés de la cordillera, sobre el puma, muchos proyectos de investigación financiados por el Fondo de Investigación Científico, entre otras acciones, y por cierto este estudio sobre el pato cortacorrientes que hemos tenido la fortuna de desarrollar y cuya envergadura espacial y temporal no tiene precedente, precisamente van orientados a ese objetivo: conocer nuestra naturaleza para conservarla.



Estas aves son muy solitarias y habitan el centro de las cordilleras. Así la hemos visto a 1.500 y 2.000 varas sobre el nivel del mar. Solo cuando el frío es muy intenso dejan tal elevación, y aún nunca pasan más abajo de 600 varas. Frecuentan exclusivamente los torrentes, recorriéndolos con una facilidad y ligereza admirables y al menor ruido se sumergen y salen muy lejos". Claudio Gay 1847.

REFERENCIAS

Adams, J., D. Cunningham, J. Molloy & S. Phillipson. 1997. Blue Duck (Whio), *Hymenolaimus malacorhynchus*. 1997-2007 Recovery Plan. Department of Conservation (Threatened Species Recovery Plan No. 22). Wellington, New Zealand.

Alice Boyle, W., B.K. Sandercock & K. Martin. 2016. Patterns and drivers of intraspecific variation in avian life history along elevational gradients: a meta-analysis: Avian life-history variation along elevational gradients. *Biological Reviews* 91: 469-482.

Álvarez, L.M., A.A. Astié, G.O. Debandi & E.E. Scheibler. 2014. Effect of food availability and habitat characteristics on the abundance of Torrent Ducks during the early breeding season in the central Andes, Argentina. *The Wilson Journal of Ornithology* 126: 525-533.

Anderson, D., H. Moggridge, P. Warren & J. Shucksmith. 2015. The impacts of 'run-of-river' hydropower on the physical and ecological condition of rivers: Physical and ecological impacts of ROR hydropower. *Water and Environment Journal* 29: 268-276.

Araya, B. & G. Millie. 1986. Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria.

Barros, R. 1967. El pato cortacorrientes *Merganetta armata*. *Revista Universitaria* 52: 121-125.

Baillie, B.R. & A.B. Glaser. 2005. Roost habitat of a North Island blue duck (*Hymenolaimus malacorhynchus*) population. *Notornis* 52: 1-5.

Boisier, J.P., C. Alvarez-Garretón, R.R. Cordero, A. Damiani, L. Gallardo, R.D. Garreaud, F. Lambert, C. Ramallo, M. Rojas & R. Rondanelli. 2018. Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. *Elem Sci Anth* 6: 74.

Carboneras, C. 1992. Lynx Editions, Barcelona, Family Anatidae (duck, geese and swans). Pg: 536-628. In: Del Hoyo J. A. Elliott y J. Sargatal. Handbook of the birds of the World. Vol. 1 Ostrich to ducks.

Cardona, W. & G. Kattan. 2010. Comportamiento territorial y reproductivo del pato de torrentes (*Merganetta armata*) en la Cordillera Central de Colombia. Ornitología Colombiana 9: 38–47.

Cerón, G. & A. Trejo. 2009. Descripción de la técnica de buceo del Pato de Torrente (*Merganetta armata*) en el Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina. Hornero 24:57-59.

Cerón, G., A. Trejo & M. Kun. 2010. Feeding Habits of Torrent Ducks (*Merganetta Armata Armata*) in Nahuel Huapi National Park, Argentina. Waterbirds 33: 228-235.

Colina, U. 2010. Descripción de la etología reproductiva y nidificación del pato de torrente (*Merganetta armata berlepschi*) en el noroeste argentino. Nótulas faunísticas Segunda Serie 54: 1-6

Colliera K.J., S.J. Moralee & M.D. Wakelina. 1993. Factors affecting the distribution of blue duck *Hymenolaimus malacorhynchos* on New Zealand rivers. Biological Conservation 63: 119-126.

Death, R. 2008. The effect of Floods on Aquatic Invertebrates communities. In: Aquatic Insects. Challenges to Populations. Edited by Jill Lancaster and Robert Briers.

Eaton, A.D. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington American Public Health Association.

Egré, D. & J.C. Milewski. 2002. The diversity of hydropower projects. Energy Policy: 6.

Eldridge, J.C. 1979. Display inventory of the Torrent Duck. Wildfowl 30: 5–15.

Eldridge, J.C. 1986. Observations on a pair of Torrent Ducks. Wildfowl 37: 113-122.

Fjeldså, J. & N. Krabbe. 1990. Birds of the high Andes. University of Copenhagen, Copenhagen. . 876 p. pp.

Godfrey, J.D., D.M. Bryant & M. Williams. 2003: Energetics of blue ducks in rivers of differing physical and biological characteristics. Pp. 35–68 in: Williams, M. (Comp.) 2003: Conservation applications of measuring energy expenditure of New Zealand birds: Assessing habitat quality and costs of carrying radio transmitters Science for Conservation.

Helson, J.E., D.D. Williams & D. Turner. 2006. Larval Chironomid Community Organization in Four Tropical Rivers: Human Impacts and Longitudinal Zonation. *Hydrobiologia* 559: 413–431.

Hill, E.L. & K.G. Wright. 1999. Harlequin duck breeding distribution and hydroelectric operations on the Bridge River, British Columbia. *Proceedings of a conference on the biology and management of species at risk, Kamloops BC*. pp. 490.

Hille, S.M. & C.B. Cooper. 2015. Elevational trends in life histories: revising the pace-of-life framework: Elevational trends in avian pace of life. *Biological Reviews* 90: 204–213.

Housse, R. 1945. Ediciones de la universidad de Chile. Las aves de Chile. Su vida y costumbres. . 390pp. pp.

Jaramillo, Á. 2005. 2a ed. Aves de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 240 pp.

Johnsgard, P.A. 1966. The biology and relations of the Torrent Duck. *Wildfowl Trust Ann. Rept.*

King, T.M., M. Williams & D.M. Lambert. 2000. Dams, ducks and DNA: identifying the effects of a hydro-electric scheme on New Zealand's endangered blue duck. *Conservation Genetics* 1: 103–113.

Kingsford, R.T. 2000. Protecting rivers in arid regions or pumping them dry? *Hydrobiologia* 427:1–11.

Lake, P.S. 2000. Disturbance, patchiness, and diversity in streams. *Journal of the North American Benthological Society* 19: 573–592.

Lucas, M.C., D.H. Bubb, M.H. Jang, K. Ha & J.E.G. Masters. 2009. Availability of and access to critical habitats in regulated rivers: effects of low-head barriers on threatened lampreys. *Freshwater Biology* 54: 621–634.

- Madge, S. & H. Burn. 1995. Guide des canards, des oies et des cygnes. Delachaux et Niestlè. 303 pp.
- Malmqvist, B. & S. Rundle. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation* 29: 134-153.
- McCallum, B. 2001. Status of the Harlequin Duck (*Histrionicus histrionicus*) in Alberta. Alberta Wildlife Status Report No. 36.
- Moffett, G. M. 1970. A study of nesting Torrent Ducks in the Andes. *The Living Bird* 9:5-27
- Naranjo, L.G. & V.J. Avila. 2003. Distribución habitacional y dieta del pato de torrentes (*Merganetta armata*) en el Parque Regional Natural Ucuamarí en la Cordillera Central de Colombia. *Ornitología Colombiana* 1: 22-28.
- Ormerod, S.J., M.A. Boilstone & S.J. Tyler. 1985. Factors influencing the abundance of breeding Dippers *Cinclus cinclus* in the catchment of the River Wye, mid-Wales. *Ibis* <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1985.tb05074.x>
- Pernollet, C. 2010. Selección de hábitat y efecto de las crecidas en el pato cortacorrientes (*Merganetta armata armata*) en dos ríos intervenidos de la región de O'Higgins (Chile central): implicancia para su conservación: Tesis de maestría, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Santiago de Chile
- Pernollet, C., C.F. Estades & E.F. Pavez. 2012. Estructura social del pato cortacorrientes *Merganetta armata armata*, en Chile central. *Boletín Chileno de Ornitología* 18: 23-34.
- Pernollet, C.A., E.F. Pavez & C.F. Estades. 2013. Habitat selection by torrent ducks (*Merganetta armata armata*) in Central Chile: conservation implications of hydropower production. *Waterbirds* 36: 287-299.
- Plioraitė, V. 2007. Seasonal dynamics of macro invertebrates in the Vilnia River (Lithuania). *Acta Zoologica Lituanica* 17: 299-312.
- Rengifo, C. & Soriano, P. 2008. Dieta, reproducción y preferencia de hábitat del pato de torrente (*Merganetta armata colombiana*) en los Andes Venezolanos (Tesis de Maestría). Universidad de los Andes, Venezuela.

Resolución Exenta N°162. 2008. Resolución que califica favorablemente el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Central Hidroeléctrica Chacayes. Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA) del Libertador General Bernardo O'Higgins.

Sanguinetti, J. & M. Sabattini. 2000. Río Hua Hum (Parque Nacional Lanín). Actividad de rafting y su potencial impacto sobre el Pato de los Torrentes (*Merganetta armata*). 3er Informe final. Diciembre 2000. 12 pp.

Santos, M.J., N.M. Pedroso, J.P. Ferreira, H.M. Matos, T. Sales-Luís, Í. Pereira, C. Baltazar, C. Grilo, A.T. Cândido, I. Sousa & M. Santos-Reis. 2008. Assessing dam implementation impact on threatened carnivores: the case of Alqueva in SE Portugal. *Environmental Monitoring and Assessment* 142: 47-64.

Sardina Aragón, P.N., L. Rivera & N. Politi. 2011. Variación de la abundancia del pato de torrente (*Merganetta armata*) y características del hábitat en dos ríos de montaña de la provincia de Jujuy, Argentina. *Ornitología Neotropical* 22: 589-599.

Scott, P. 1954. Behaviour of Bolivian Torrent Duck. *Wildfowl Trust Annual Report*. 6: 69-72.

Smokorowski, K.E. & R.G. Randall. 2017. Cautions on using the Before-After-Control-Impact design in environmental effects monitoring programs. *FACETS* 2: 212-232.

Sousa, W.P. 1984. The Role of Disturbance in Natural Communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1: 353-391.

Ubeda, C., G. Cerón & A. Trejo. 2007. Descripción de un nuevo comportamiento en hembra de pato cortacorrientes (*Merganetta armata*, Anatidae). *Boletín Chileno de Ornitología* 13: 47-49.

Underwood, A.J. 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. *Journal of experimental marine biology and ecology* 161: 145-178.

Vannote, R.L, G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell & C.E. Cushing. 1980. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.

Veltman, C.J. & M. Williams. 1990. Diurnal use of time and space by breeding Blue Duck Wildfowl 41: 62-74

Venero González, J.L. 2010. Comportamiento de *Merganetta armata* (Gould, 1842) en el Río Vilcanota (Aguas Calientes [Machu Picchu] Cusco – Perú). Boletín. Unión de Ornitólogos de Perú: 3-5.

Vila, A.R., & G. Aprile. 2005. Línea de base “Pato de los torrentes” (*Merganetta armata*). Estancia “Los Huemules” - El Chaltén, Santa Cruz, Argentina. Univ. Nacional de la Patagonia Austral - Cielos Patagónicos S. A, Caleta Olivia, Argentina.

Ward, J. 1997. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation* 83 (3): 269-278.

Ward, J.V. 1998. Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. *Biological Conservation* 83: 269-278.

Weller, M.W. 1968. Plumages and wing spurs of Torrent Ducks *Merganetta armata*. *Wildfowl* 19:1-18.

World Energy Council. 2016. World Energy Resources | 2016 Summary.

Wright, J.K. 1965. Observations of behavior of the Andean Torrent Duck. *Condor* 67: 535.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a Pacific Hydro, y en particular a Zandra Monreal y Claudio Bedoya, gerentes de medio ambiente, por el apoyo y confianza que dieron a nuestro equipo, lo que hizo posible un proyecto extenso, complejo y demandante de importantes recursos. A Rodrigo Órdenes, de Pacific Hydro, por su permanente apoyo.

Hacemos un especial reconocimiento a los investigadores de Bioamérica: Melanie Duclos, Claire Pernollet, Liliana Ortiz, Tomás Valle, Tomás de Ferari, Catalina Silva, Diego Yáñez, Marc Diestre, Caroline Moreno, Pablo Gutiérrez, José Besa, Hernán Lorca, Ismael Horta, Ivonne Oddoy, Paula Maldonado, María Ignacia Meza, Daniel Valencia, entre muchos otros. El éxito de este proyecto, tanto en el trabajo de terreno, como en el arduo procesamiento de información, fue posible gracias a su compromiso, siempre más allá de lo que era requerido.

Agradecemos al personal de la Reserva Nacional Río de Los Cipreses de la Corporación Nacional Forestal y a Álvaro Aguilar, administrador de la unidad, por el apoyo logístico y las facilidades de acceso a la Reserva.

Agradecemos a los propietarios de los predios en los que trabajamos, a las familias Pruitt y Correa Gandarilla.

Un reconocimiento a don Roberto Cádiz, a don Ángel Lara, y a sus nobles caballos, por el apoyo en aquellas abruptas y hermosas cordilleras.

Textos

Eduardo Pavez y Nicolás Guarda.

Gráfica y cartografía

Tomás Valle.

Fotografías

Eduardo Pavez, Melanie Duclos, Pablo Gutiérrez, José Luis Besa, Bioamérica Consultores.



