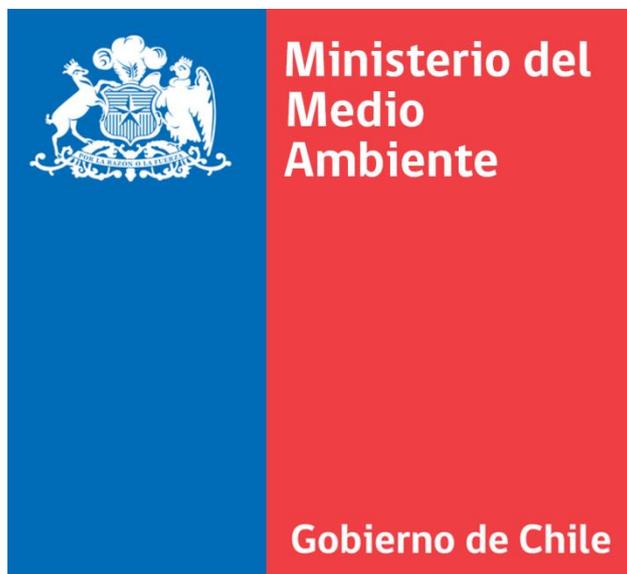


# INFORME FINAL

## ESTIMACIÓN POBLACIONAL DE PICAFLOR DE ARICA TEMPORADA 2018, 2019, 2020 Y SIMULACION DE LEK DE MACHOS

RESOLUCIÓN EXENTA 0715



# INFORME FINAL

## ESTIMACIÓN POBLACIONAL DE PICAFLOR DE ARICA TEMPORADA 2018, 2019, 2020 Y SIMULACION DE LEK DE MACHOS



**AvesChile, noviembre 2020**

## Contenido

Resumen.....	4
Introducción .....	4
I. Estimación Poblacional del Picaflor de Arica ( <i>Eulidia yarrellii</i> ), primavera 2020 .....	5
1. Introducción .....	5
2. Método.....	5
3. Resultados.....	9
4. Discusión .....	12
4.1. Valle de Azapa (región de Arica y Parinacota).....	12
4.2. Valle de Vitor (región de Arica y Parinacota).....	13
4.3. Valle de Camarones (región de Arica y Parinacota) .....	13
4.4. Puquio (Valle de Acha) (región de Arica y Parinacota).....	15
4.5. Valle de Lluta (región de Arica y Parinacota).....	16
4.6. Quebrada de MiñiMiñe (Miñita y Miñimiñe región de Tarapacá) .....	17
5. Conclusión .....	19
II. Piloto de simulación de área lek para machos de Picaflor de Arica .....	20
1. Introducción .....	20
2. ¿Atracción de conoespecífico y simulación de lek, es posible?.....	21
3. Piloto de simulación de lek para machos de Picaflor de Arica 2020 .....	24
3.1. Metodología.....	24
3.2. Resultados.....	31
4. Alcance y factibilidad de lek simulado como herramienta de manejo para la especie.....	33
4.1. ¿La simulación de lek de Picaflor de Arica es una real herramienta de manejo para la especie?.....	33
AGRADECIMINETOS .....	34
III. Bibliografía .....	35

## Resumen

En el presente documento se reporta el informe final de la consultoría “Estimación poblacional de Picaflor de Arica temporada 2018, 2019, 2020 y simulación de lek de machos”, específicamente asociado a los objetivos específicos 1 y 4, solicitado por el Ministerio del Medio Ambiente - Subsecretaría del Medio Ambiente, Región de Arica y Parinacota.

## Introducción

El Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), ave endémica de los valles del desierto del Norte de Chile, en las últimas seis décadas pasó de ser el colibrí más abundante de la región a ser el más raro y considerado oficialmente una especie en peligro crítico de extinción (BirdLife International. 2017. *Eulidia yarrellii*).

Existen varias hipótesis para explicar la reducción en la abundancia del Picaflor de Arica, incluyendo la pérdida y degradación del hábitat (Birdlife International 2000), las malas prácticas agrícolas aplicadas en los valles y el uso masivo de pesticidas (Estades et al. 2007).

Hay que considerar también que la disminución del Picaflor de Arica coincide con la llegada del Picaflor de Cora (*Thaumastura cora*), especie estrechamente relacionada (McGuire et al. 2009, 2014, van Dongen et al. 2012), y ausente de Chile antes de la década de los '70. Esta especie se ha ido expandiendo naturalmente en el norte de Chile (Estades et al. 2007) aunque estimaciones recientes sugieren que también su abundancia está declinando, disminuyendo así considerablemente su potencial impacto con la especie endémica (AvesChile 2019).

Desde el año 2003, AvesChile (Unión de Ornitólogos de Chile), en colaboración con la Universidad de Chile, y con el apoyo de diferentes servicios públicos y empresas privadas, lleva a cabo conteos poblacionales para estimar la abundancia de esta especie y otras investigaciones con el fin de tener la mayor cantidad de antecedentes sobre el Picaflor de Arica, para poder generar medidas de manejo efectiva para esta especie críticamente amenazada.

# I. Estimación Poblacional del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), primavera 2020

## 1. Introducción

El Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) es la especie de ave más amenazada de Chile, con una alta probabilidad de extinción durante la próxima década. Se han propuesto tres factores como las posibles causas de su declinación: la destrucción del hábitat, el uso intensivo de pesticidas y la competencia con el Picaflor de Cora (*Thaumastura cora*) (Estades et al. 2007). El presente informe resume los resultados obtenidos de la evaluación poblacional del Picaflor de Arica (*E. yarrellii*) realizada entre el 14 y 22 de octubre de 2020, en el marco de la consultoría “Estimación poblacional de Picaflor de Arica temporada 2018, 2019, 2020 y simulación de lek de machos”, solicitado por el Ministerio del Medio Ambiente - Subsecretaría del Medio Ambiente, Región de Arica y Parinacota.

La estimación robusta del tamaño poblacional de especies de fauna silvestre es un requisito fundamental en estudios ecológicos y en el diseño e implementación de estrategias de conservación. La comprensión de los patrones espaciales y temporales en la dinámica poblacional de especies animales es una condición básica en estudios ecológicos y en el desarrollo de estrategias de manejo adecuadas para su conservación (Williams et al. 2012).

Para el Picaflor de Arica (véase el próximo párrafo) se eligió la metodología más compatible con sus características de historia de vida y el ambiente en el cual vive, para poder generar datos de calidad y comparables en el tiempo, requisitos necesarios para poder tener una visión clara de la dinámica poblacional de la especie.

Como se expuso en el informe de avance 5 (entregado el 25 de septiembre 2020) con este programa de monitoreo del Picaflor de Arica, que lleva a cabo AvesChile desde al año 2003, se ha cubierto la mayor parte del área de distribución de la especie (sectores accesibles logísticamente), por eso se propusieron dos sitios nuevos para añadir al programa que ya se está realizando y la reincorporación de algunos puntos que se habían dejado de monitorear por tema de financiamiento y ausencia de la especie.

Hay que destacar que la incorporación de unos pocos sitios al programa de monitoreo no resulta de mucha relevancia en término de la evaluación del tamaño poblacional, debido a que el rango de variación de la estimación poblacional es inversamente proporcional al cuadrado de la cantidad de estaciones de muestreo. Sin embargo, incorporar estos sitios nos permite de todas maneras tener una visión más clara de lo que está pasando con la especie sobre todo considerando los sitios ubicado en la región de Tarapacá, por ejemplo, para entender si la especie se estaría desplazado a esta zona por movilidad post reproductiva histórica o por cambios en el uso productivo de los valles.

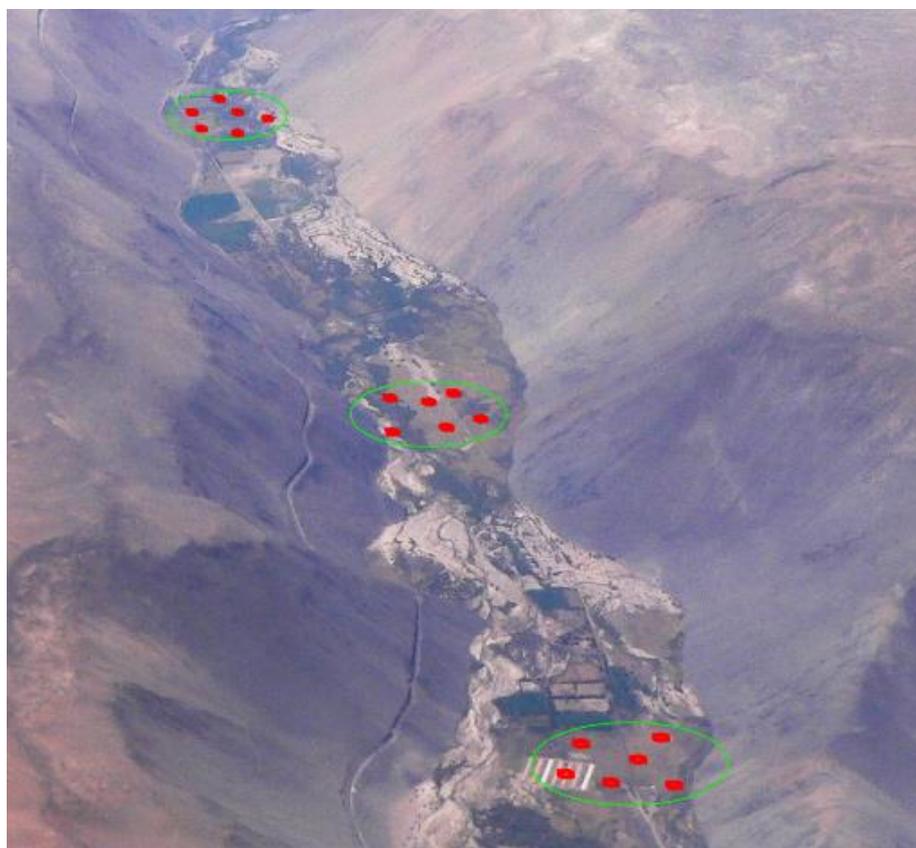
## 2. Método

El monitoreo de una población animal requiere de la obtención de datos comparables en el tiempo, que permitan estimar tendencias o detectar otro tipo de cambios relevantes en los parámetros de interés (Thompson et al. 1998). Por esta razón, la presente evaluación poblacional mantiene la misma metodología general establecida en el año 2003 y aplicada regularmente y de forma anual desde octubre de 2006.

Durante la presente temporada, el esfuerzo de muestreo se concentró en los cuatro valles principales de la región de Arica y Parinacota: Lluta, Azapa, Vitor y Camarones al igual que las temporadas anteriores y se añadieron nuevos puntos en nuevos valles (Miñimiñe y Acha). Por otro lado, se agregaron puntos que se realizaron en un origen (2003 y 2004) en los valles de Lluta y Camarones, específicamente la zona de Esquiña. Se realizó un total de 214 puntos distribuidos de la siguiente manera: 106 en valle de Azapa, 27 en el valle de Camarones (se reincorporaron 6 estaciones en Esquiña), 29 en el valle Lluta (se reincorporaron 8 estaciones de muestreo), 11 en la quebrada de Miñimiñe (Miñita y Miñimiñe), 5 en el valle de Acha (Puquío) y 36 en el valle de Vitor (Anexo 1).

De igual forma que en las campañas anteriores, en terreno se estimó el tamaño poblacional usando puntos de conteo en dos bandas (Bibby et al. 1992). En cada estación se realizaron 6 conteos (Figura 1) en los que se registraron todos los individuos vistos u oídos dentro y fuera de un radio de 30 m durante un período de 3 minutos. Todos los picafloros vistos volando al inicio del conteo fueron asignados al área correspondiente. Si éstos fueron observados algunos momentos después de iniciado el conteo, se asumió que venían desde fuera y fueron registrados de esa forma. Las observaciones de fuera de los 30 se usan para corregir las estimaciones por el efecto de la detectabilidad (Bibby et al. 1992). La distancia y tiempo de muestreo fueron establecidos en un estudio piloto realizado en 2003, y se basaron en la visibilidad promedio de los tipos de vegetación presentes y en el comportamiento de la especie.

En la presente temporada se realizó una actualización de la caracterización de la vegetación y uso de la tierra en todas las estaciones de muestreo. El muestreo fue realizado por tres equipos de dos personas, los que estuvieron integrados por Isidora Núñez, Francisco Santander, Roberto Thomson, Sandra Uribe, Ana María Venegas y María Angélica Vukasovic (Anexo 1).



**Figura 1.** Esquema de la distribución de las estaciones (círculos verdes) y los puntos de muestreo (puntos rojos) para la estimación de la población de *E. yarrellii*.

Para la estimación de los parámetros poblacionales, se analizaron los datos de cada valle de forma separada. Análisis tempranos (2003) de la estructura de los datos indicaron que éstos son no-normalizables (muchos ceros). Datos de conteos de especies raras habitualmente tienen estos problemas por lo que se recomienda el uso de técnicas de remuestreo (Seavy et al. 2005). Por esta razón, para el cálculo de los intervalos de confianza utilizamos una simulación tipo Monte Carlo (Manly 1997) espacialmente explícita.

Primero, para los valles de Azapa, Vitor y Camarones se digitalizaron sus límites a partir de una imagen satelital considerando un buffer de 50 m alrededor de los píxeles más externos con señal de actividad fotosintética. En segundo lugar, en el mapa virtual localizamos las estaciones de muestreo en la misma ubicación que tenían en el muestreo real. En tercer lugar, simulamos una serie de escenarios en los que se varió el número de “picaflores virtuales” que el programa asignó en cada valle (cubriendo todo el rango de potenciales valores para la población). Debido a la existencia de una clara asociación entre la abundancia de picaflores de Arica y la cobertura de árboles el modelo de asignación de “picaflores virtuales” utiliza un mapa de cobertura arbórea como covariable. En cuarto lugar, el programa simuló el muestreo en la misma forma en que fue realizado en la realidad (i.e. seis puntos de conteos dentro de cada estación de 200 m de radio). Para efectos de la simulación, y en base a los datos obtenidos en 2003, se estimó una probabilidad de detección de 1 dentro del radio de observación de 30 m, una probabilidad de 0.2 entre 31 y 70 m, y una probabilidad de 0 más allá de 70 m. Los cálculos se hicieron en base a un total de 10.000 réplicas por escenario (e.g. un tamaño poblacional dado,  $N = 50, 100, 150$ ). Finalmente, para cada escenario registramos la frecuencia de simulaciones que produjeron el mismo resultado que el muestreo real y graficamos esas frecuencias contra el tamaño poblacional de cada escenario para producir una distribución de probabilidad para el tamaño poblacional total de cada valle. Siguiendo este procedimiento los intervalos de confianza se calcularon determinando los puntos más allá de los cuales se ubicaban el 5% y 95% del total de la frecuencia. La media de la distribución se usó como estimador de la media de la población total cuando la distribución era relativamente normal. En casos de que ésta fuera claramente asimétrica se utilizó el punto de máximo número de aciertos para estimar la media poblacional.

La estimación del tamaño poblacional de *Thaumastura cora* se realizó mediante el mismo procedimiento, mientras que para el caso de *Rhodopis vesper*, debido a su mucho mayor abundancia, los intervalos de confianza se calcularon usando el logaritmo de los datos de conteo, debido a que la abundancia lo permitía.

Desde la temporada de 2015 se realiza una corrección por el efecto de las mallas antiáfidos que se han instalado de manera creciente en el valle de Azapa (y en menor medida en Vitor). Debido a su estructura prácticamente representan una superficie equivalente a suelo desnudo por lo que se optó por eliminarlas de la superficie efectiva del valle (Figura 2).

Finalmente, se decidió eliminar definitivamente del muestreo y de los cálculos (para todos los años) a la ciudad de Arica como hábitat para el Picaflor de Arica. Esta situación responde a la nula evidencia de la presencia de la especie en esta urbe.



**Figura 2.** Mallas antiáfidos presentes en el valle de Azapa, se puede apreciar que prácticamente representan una superficie equivalente a suelo desnudo.

### 3. Resultados

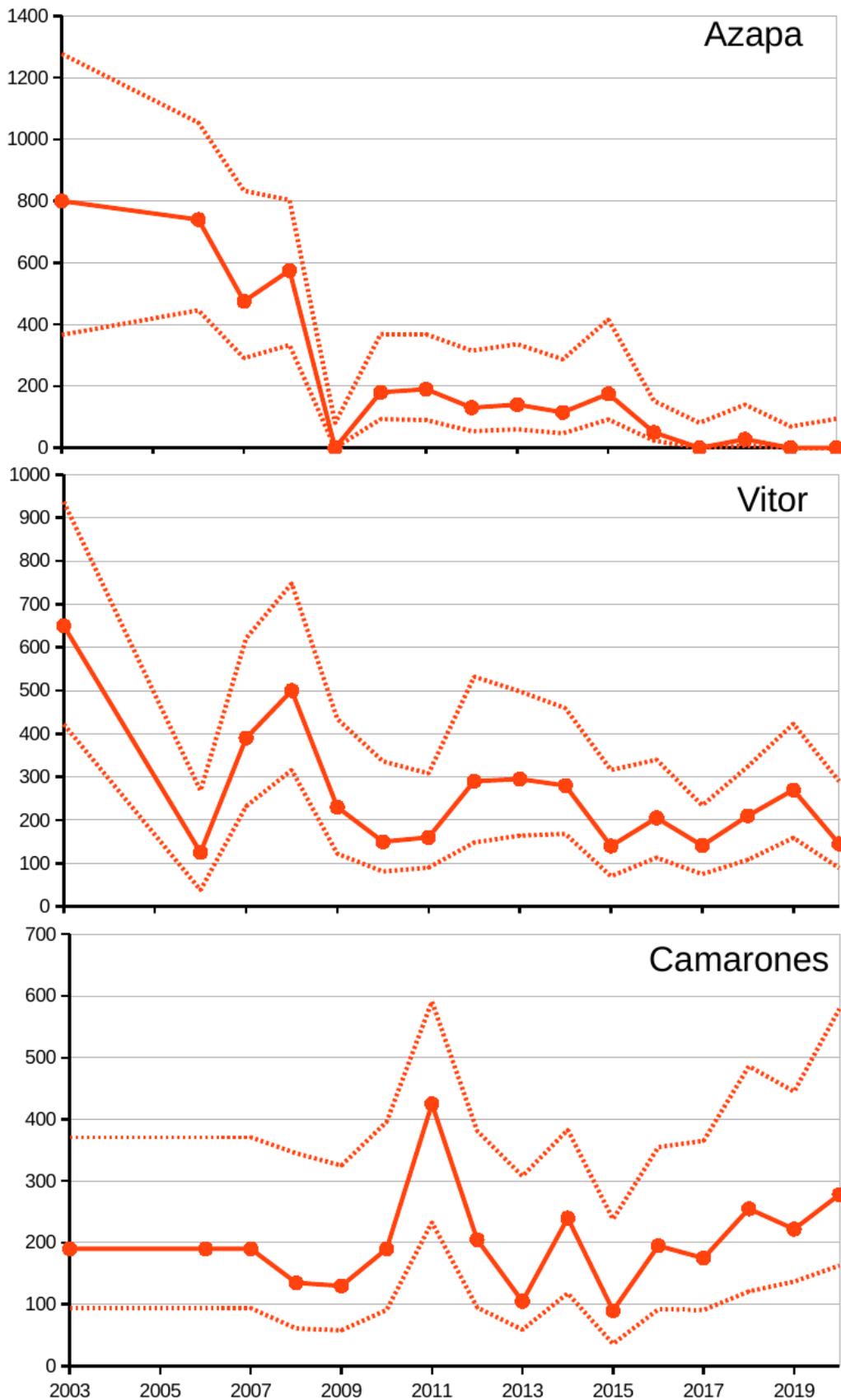
Los datos indican que la población estimada de Picaflor de Arica fue de 423 individuos, sufriendo una disminución con relación al año 2019 en donde se estimaron 492 individuos. También la población del Picaflor de Cora sufrió una declinación de 1043 individuos versus los 1540 individuos del año 2019. Tendencia diferente se observó para el Picaflor del norte el cual registró un aumento poblacional de 5892 individuos en comparación a los 5130 individuos del año pasado. El detalle de los datos por valle y por especie se observa en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Abundancia estimada (intervalo de confianza al 90%) de picaflores en valles del norte de Chile (primavera de 2020).

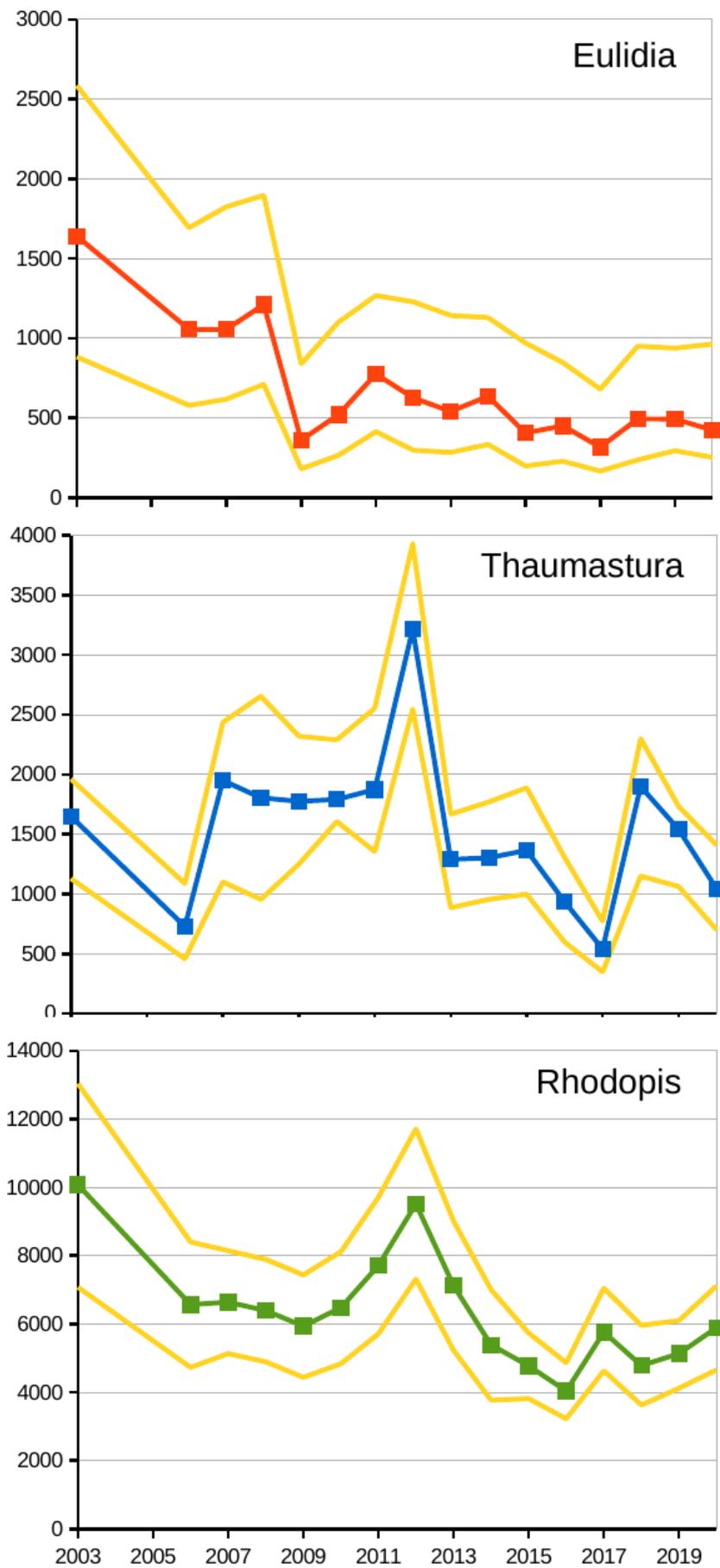
Valle	<i>Eulidia yarrellii</i>	<i>Thaumastura cora</i>	<i>Rhodopsis vesper</i>
<b>Lluta</b>	<b>0</b> -	<b>0</b> -	<b>16</b> (2-48)
<b>Azapa</b>	<b>0</b> (0-94)	<b>980</b> (676-1271)	<b>5594</b> (4515-6673)
<b>Vitor</b>	<b>145</b> (89-290)	<b>63</b> (24-138)	<b>226</b> (116-250)
<b>Camarones</b>	<b>278</b> (163-579)	<b>0</b> -	<b>56</b> (22-146)
<b>TOTAL</b>	<b>423</b> (252-963)	<b>1043</b> (700-1409)	<b>5892</b> (4655-7117)

La Figura 3 muestra las tendencias poblacionales para los tres valles en los que se encuentra el Picaflor de Arica. En el caso de Azapa, para la presente temporada no se registraron individuos en los 636 (106 x 6) puntos de conteo realizados. La situación en los otros valles parece relativamente más estable, aunque se apreció una leve disminución en el valle de Vitor y un marcado aumento en el valle de Camarones.

Por otra parte, en la Figura 4 se sintetizan las tendencias poblaciones de las tres especies de picaflores analizadas. En ella se observa que, a diferencia del Picaflor de Arica que ha manifestado una disminución paulatina en el tiempo, con una atenuación en los últimos años y una disminución mayor este año, las poblaciones de Picaflor de Cora y Picaflor del Norte mostraron una tendencia positiva hasta el año 2012, para luego comenzar a declinar abruptamente. Sin embargo, después de un aumento importante durante la temporada de 2018, en esta última campaña, el Picaflor de Cora disminuyó de manera significativa su abundancia. Por el contrario, las poblaciones de Picaflor del Norte mostraron un aumento con relación a la campaña anterior (Figura 4).



**Figura 3.** Tendencias poblacionales de *E. yarrellii* en los valles de Azapa, Vitor y Camarones entre 2003 y 2020. Los valores en Camarones entre 2003 y 2007 están estimados en base a la media histórica del sitio por no existir datos de campo. Los datos incluyen la media estimada más el intervalo de confianza al 90%.



**Figura 4.** Tendencias poblacionales de picaflores en los valles de la región entre 2003 y 2020. Los datos incluyen la media estimada más el intervalo de confianza al 90% (líneas amarillas).

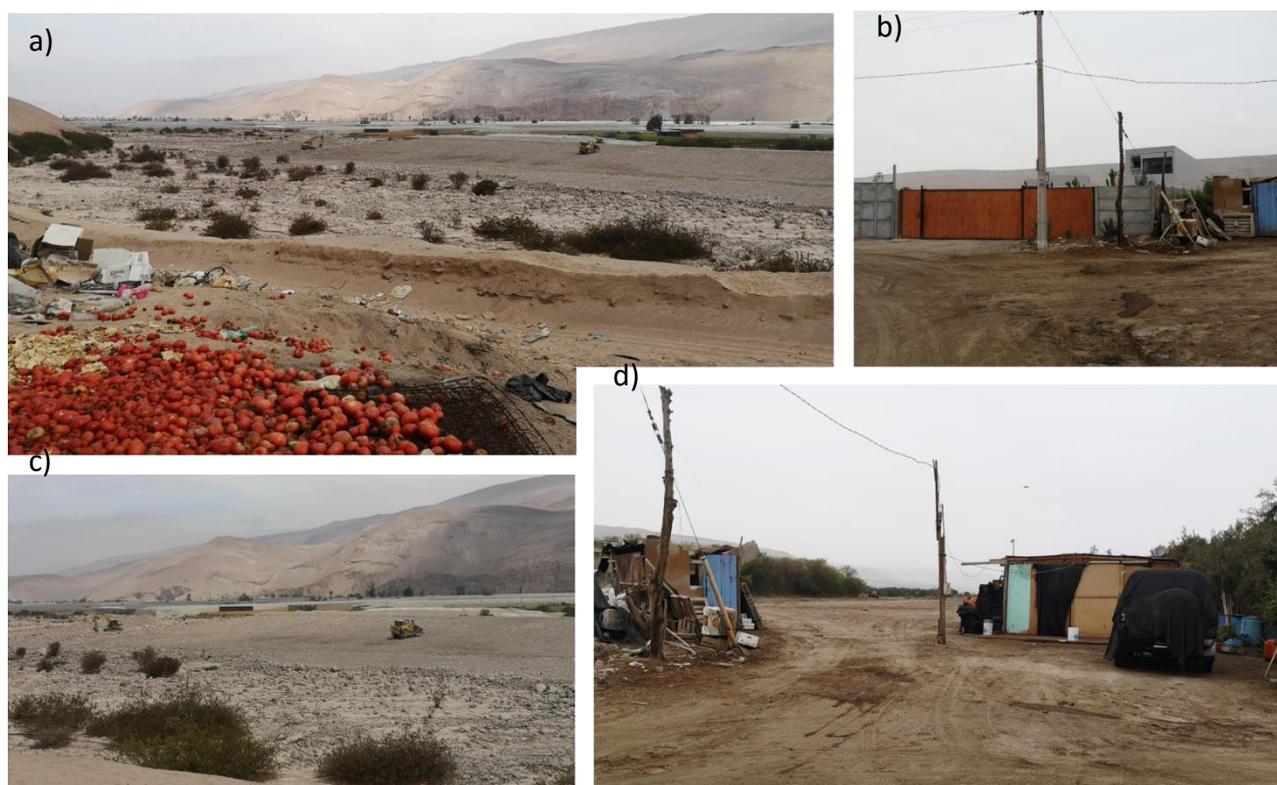
## 4. Discusión

La campaña de primavera 2020 muestra una disminución del número de individuos de *E. yarrellii*, sin embargo, este decrecimiento no se ve reflejado a nivel de cada valle en particular. A continuación, se resumen los aspectos más importantes relativos a las poblaciones de Picaflor de Arica en los diferentes valles en los que se encuentra presente.

### 4.1. Valle de Azapa (región de Arica y Parinacota)

La situación de Azapa continúa siendo la más crítica de todos los valles. Aunque no es la primera vez que no se detectan individuos en el muestreo y todavía es posible que existan algunas aves en puntos no muestreados, es preocupante la ausencia de registros de machos desde 2016, los que normalmente son más fáciles de detectar que las hembras.

Es en Azapa donde todos los factores propuestos como negativos para la especie (Estades et al. 2007) (Figura 5) se expresan en su máxima magnitud, particularmente la destrucción del hábitat, que se ha acelerado durante las últimas temporadas. Destaca la pérdida de muchas hectáreas de árboles frutales y olivos (Figura 5 b y d), pérdida de la vegetación ribereña (Figura 5 a y c) y el aumento de la cobertura de muchos cultivos con mallas antiáfidos. Aunque sólo existe evidencia correlacional, este último factor también aparece como responsable de la disminución de las otras dos especies de picaflor desde el año 2012.



**Figura 5.** Ejemplos de diferentes puntos de conteo en Azapa en el cual se aprecia claramente la negativa intervención antrópica sobre el hábitat del Picaflor de Arica.

#### 4.2. Valle de Vitor (región de Arica y Parinacota)

Esta temporada registró una disminución en la población estimada de Picaflor de Arica en el valle de Vitor. Lamentablemente la pérdida de hábitat en este valle se está acelerando debido al mayor nivel de intensificación de la agricultura, y a la pérdida de vegetación riparia para la habilitación irregular de terrenos para el cultivo. En algunas partes del valle, las mallas antiáfidos están comenzando a dominar el paisaje (Figura 6), tal como en Azapa. Por lo tanto, si no se toman medidas, este valle podría comenzar a presentar la misma tendencia negativa registrada en el valle de Azapa.

La situación en Codpa sigue relativamente preocupante desde hace un par de años, en esta temporada se registró la especie solamente en dos puntos y un solo macho de Picaflor de Arica en el sector de lek histórico del lugar. Se reporta, lamentablemente, presencia en el aire de un persistente olor a pesticidas.



**Figura 6.** Mallas antiáfidos en el sector Chaca , una vista cada vez más frecuente en el valle de Vitor.

#### 4.3. Valle de Camarones (región de Arica y Parinacota)

La población estimada en el valle de Camarones aumentó durante esta temporada, confirmándose como el valle de mayor importancia para la conservación del Picaflor de Arica. Los datos indican que este valle alberga algunas de las agrupaciones reproductivas (leks de machos y grupos de nidificación), más grandes de la especie. En la zona baja del valle (Cuya), se registró nuevamente actividad reproductiva asociada a los tamarugos que crecen en el área.

En la zona alta del valle (pueblo de Camarones a Taltape), esta tendencia se revirtió, prácticamente no se registraron picaflores solamente un registro en una estación de muestreo fuera de los 30 metros. Uno de los factores que puede haber contribuido a esta falta de registros es la corta de vegetación clave (e.g. tamarugos, algarrobos, etc) en algunas zonas donde tradicionalmente había nidificación (Figura 7), y a la limpieza de la ribera del río en el área del lek de Taltape (Figura 8).

Este año se reincorporaron 6 estaciones de muestreo en la parte alta del valle el sector denominado Esquiña (Figura 9). Estos puntos fueron incluidos en las primeras campañas de monitoreo de la especie los años 2003 y 2004, para luego ser eliminados por reducción de presupuesto y nula presencia de la especie. Del mismo que en los años anteriores, no se registraron individuos de la especie. La ausencia de Picaflor de Arica refuerza la idea de un posible límite altitudinal para la especie.



**Figura 7.** Taltape, Camarones. Área limpiada (2019-2020) donde hasta la primavera de 2018 existían un conjunto de tamarugos donde nidificaban hembras de Picaflor de Arica. Hacia el río, existían territorios de al menos, dos machos. En esta ocasión no se registró ninguno.



**Figura 8.** Taltape, Camarones. Ribera del río Camarones limpiada con maquinaria pesada. Antes de la intervención, en esta zona existía parte de un lek de Picaflor de Arica.



**Figura 9.** Detalle del sector Esquiña (valle de Camarones) donde se reincorporaron 6 estaciones de muestreo para esta campaña 2020.

#### **4.4. Puquio (Valle de Acha) (región de Arica y Parinacota)**

Esta localidad se encuentra en la zona alta de la quebrada de Acha (Figura 10), la de menor cobertura vegetal de todas las grandes quebradas de la región de Arica y Parinacota. Este año en este sector se incorporaron 5 nuevas estaciones de muestreo. Este sitio ha sido visitado de manera esporádica a modo de prospección en diferentes oportunidades y en algunas ocasiones se ha registrado la presencia de la especie. En esta oportunidad y bajo la metodología establecida no se registraron individuos de la especie ni signo de nidificación, como se había reportados en alguna de las visitas anteriores. Se reporta durante el monitoreo la presencia de fuerte olor a pesticida.



**Figura 10.** Detalles de Puquio (valle de Acha), se puede apreciar en el sector con presencia humana la presencia de contenedores de pesticidas y la quema de rastrojo vegetales, factores identificados como amenazas para la especie.

#### 4.5. Valle de Lluta (región de Arica y Parinacota)

Es un valle en que su nombre deriva del río del mismo nombre, que lleva sus aguas desde la cordillera hasta el mar durante todo el año, este valle presenta condiciones climáticas muy favorables para la producción agrícola, no obstante dicha potencialidad climática se ve seriamente disminuida por los niveles de salinidad tanto en el suelo como en el agua de riego. Actualmente no se registra presencia de la especie en el valle, hay datos antiguos de que también la especie se encontraba en este valle.

Inicialmente, para los años 2003 y 2004, se realizaban una serie de puntos asociados al lecho del río y a zonas que fueron destinadas a cultivos las culés fueron restringiendo el acceso al valle. En esta oportunidad se intentó replicar esta serie completa de puntos aumento así el esfuerzo de muestro en la zona, solo se logró reincorporar 8 puntos de los históricos. La mayoría de los lugares mantiene la condición de inaccesibilidad, pero otros pudieron ser visitados.

Este valle se caracteriza por una abúndate presencia de cultivos de maíz, lo que lo hace sumamente atractivo para las aves. (Figura 11). Por otro lado, también es un valle que conserva gran parte de su vegetación ribereña natural (Figura 12).

A pesar del aumento en el esfuerzo de muestreo no se detectó la presencia de Picaflores de Arica en este valle.



**Figura 11.** Valle de Lluta cultivo de maíz en sitios reincorporados en el muestreo del año 2020.



**Figura 12.** Valle de Lluta, se puede observar la vegetación ribereña en abundancia a diferencia del valle de Azapa y la intervención constante de la caja del río. Puntos reincorporados en el muestreo del año 2020.

#### **4.6. Quebrada de MiñiMiñe (Miñita y Miñimiñe región de Tarapacá)**

Corresponde a un valle pequeño (Figura 13), de aproximadamente 12 ha de extensión, ubicado a 15 km al sur de la quebrada de Camarones, en la quebrada de Miñimiñe, región de Tarapacá. Presenta algunos cultivos frutales y matorral propio de zonas de altitud media (2300 msnm). Este sitio fue visitado inicialmente los años 2003 y 2004, pero como no se detectó la presencia de la especie, no fue incluido en las posteriores campañas.

El reporte de, al menos, dos machos de Picaflor de Arica en esta localidad en marzo de 2018, motivó tres visitas al área en mayo y octubre de 2018; y en mayo de 2019. En todas estas ocasiones se registró la presencia de hembras de la especie (registros visuales y/o auditivos), aunque no se detectaron los machos reportados para la zona.

Para esta campaña primaveral 2020 no se detectó ningún individuo de la especie, esto reforzaría la idea que la presencia de individuos registrados en los años anteriores podría deberse a una migración altitudinal post reproductiva de la especie desde el valle de Camarones.



**Figura 13.** Detalles de la quebrada de MiñiMiñe incorporada este 2020 en el programa de monitoreo del Picaflor de Arica.

## 5. Conclusión

Debido a la contingencia de la pandemia y al limitado financiamiento para esta temporada 2020 no se pudo realizar en su totalidad el programa de monitoreo propuesto en el informe de avance 5. El programa de monitoreo propuesto incluye 242 estaciones de muestreo, este año se pudieron realizar solamente 214 estaciones, específicamente no se pudieron realizar los conteos en Camiña principalmente por falta de financiamiento y se dejaron algunos puntos en Azapa y Lluta debido a problema de accesibilidad a los lugares.

Se espera que las condiciones sean favorables para que en el año 2021 se pueda realizar el programa completo propuesto para tener una mejor visión global del estado de salud de la especie.

Como resultado de los análisis, este año la población de Picaflor de Arica tuvo una estimación de 423 individuos, evidenciando una clara disminución en relación al año anterior (14%). Esto podría deberse a la degradación de hábitat acelerada sobre todo en el valle de Vitor (sector Chaca) y a un posible aumento en el uso de pesticidas, como podría estar pasando en Codpa y Puquio. Lamentablemente parece evidente que esta especie es extremadamente sensible a las acciones humanas, de hecho, en el valle de Camarones, el con menor intervención antrópica, la población tuvo un evidente incremento, por lo tanto, el valle de Camarones se ha transformado en el principal reducto para la especie.

Finalmente, si no se toman medidas concretas alguno sectores podrían estar destinados a registrar una extinción local como está pasando en Azapa.

## II. Piloto de simulación de área lek para machos de Picaflor de Arica

### 1. Introducción

Para que la conservación de especies amenazadas sea eficiente se necesita de un conocimiento adecuado de la biología reproductiva, la distribución y la historia natural de las mismas (Juiña et al. 2010). Comprender los mecanismos subyacentes a las extinciones biológicas es un desafío crítico para los biólogos conservacionistas. Tanto los procesos demográficos deterministas (por ejemplo, pérdida de hábitat, fragmentación) como estocásticos (es decir, estocasticidad demográfica, efecto Allee) están involucrados en el declive de la población. Simultáneamente, una disminución del tamaño de la población tiene consecuencias de gran alcance para la genética de las poblaciones al aumentar el riesgo de endogamia y los efectos de la deriva genética, lo que en conjunto resulta inevitablemente en una pérdida de diversidad genética y una reducción del tamaño efectivo de la población (Cayuela et al. 2019).

El Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), ave endémica de los valles del desierto del norte de Chile, pasó de ser el colibrí más abundante de la región a ser el más raro y considerado oficialmente una especie en peligro crítico de extinción (BirdLife International. 2017. *Eulidia yarrellii*). Desde el año 2003 AvesChile (Unión de Ornitólogos de Chile) ha mantenido un programa de investigación, difusión y seguimiento del Picaflor de Arica para recopilar la mayor información posible sobre esta especie gravemente amenazada y así poder generar medida de manejo para su recuperación.

La información recopilada hasta la fecha por AvesChile, que podría ser clave para su recuperación, ha sido el descubrimiento de su peculiar biología reproductiva, esta especie tiene un sistema de apareamiento denominado lek y específicamente exploted lek (lek disperso) (Lazzoni et al 2015).

Los machos del Picaflor de Arica se reúnen cada año desde final del invierno (agosto), en lugares tradicionales (lek) para reproducirse. La fidelidad a dichos lugares es muy alta, los machos eligen para exhibirse los lugares desde los que son más visibles para las hembras del entorno, y al mismo tiempo para los otros machos que constituyen el lek, y así, defender su territorio.

A principios de septiembre, las hembras comienzan a visitar el lek en busca de apareamiento, una situación que continúa durante unos meses. En los primeros días de noviembre, algunos machos abandonan el lek, una situación que aparentemente utilizan los juveniles para ingresar al área e improntarse en ella. A finales de noviembre (diciembre para el valle de Camarones), todos los machos abandonan la zona (Lazzoni et al. 2015). Cabe destacar que existe una variabilidad en la temporalidad reproductiva, esto depende mucho de las condiciones climáticas (año seco o año más lluvioso) y de los valles donde se encuentra la especie (Estades et al. 2018).

La existencia de leks de machos impone un desafío importante para la conservación de las especies, debido a que su condición de lugares tradicionales de agregación los hace más sensibles a las perturbaciones (Alonso et al. 2000; Morales et al. 2000). Por ejemplo, Alonso y colaboradores (2004) mostraron que, como consecuencia de la desaparición de un lek por pérdida de hábitat, las avutardas (*Otis tarda*) no formaban un nuevo lek en potenciales sitios idóneos, sino que, por el contrario, se unieron a otro lek ya existente. El resultado es una alta concentración de la población y, consecuentemente, una gran vulnerabilidad de la especie a catástrofes locales; así como un gran riesgo de pérdida de variabilidad genética.

En el caso específico del Picaflor de Arica, Estades y colaboradores (2012) indican que tras la destrucción (quema) del área donde existía un lek en el valle de Camarones, no se detectó actividad de nidificación en los alrededores.

Desde hace ya varios años que AvesChile estas poniendo a prueba la factibilidad de poder simular un lek de machos artificial, con el fin intentar atraer machos (especialmente los juveniles) a ciertos sectores que podrían ser protegidos para la conservación de esta especie tan amenazada bajo el sistema de microreserva u otras estrategias de conservación de la especie.

## **2. . ¿Atracción de conespecífico y simulación de lek, es posible?**

Tradicionalmente las poblaciones animales han sido protegidas identificando y controlando amenazas como la destrucción de hábitat o depredadores (amenaza externa a la especie). Sin embargo, desde los años noventa los biólogos de la conservación han reconocido que el enfocarse solamente en el ambiente externo a las especies podría ser no suficiente para generar medidas efectivas de protección y hacen énfasis en la importancia de enfocarse en los rasgos de historia de vida de las especies.

Es bajo esta nueva visión que la atracción de conespecíficos (la tendencia de individuos de una especie para establecerse cerca de otros de la misma especie) ha sido utilizada como un nuevo método para la recuperación de diferentes especies de aves con problemas de conservación; señales que sugieren la presencia de coespecíficos pueden ser usadas para atraer individuos a sitios previamente desocupados y manejados para el beneficio de la especie (Schlossberg & Ward 2004).

Se ha confirmado mediante numerosos estudios que las aves al seleccionar el hábitat pueden utilizar información social adquirida mediante la observación de otros individuos por medio, por ejemplo, de la presencia y la abundancia de sus conspecíficos (señuelos, decoys) y el canto de su propia especie (Reed & Dobson 1993), muchos aspectos de esta información social pueden emplearse para manejar las poblaciones de aves (Altherin et al. 2010).

Este método ha sido usado en la recuperación de pájaros coloniales en los últimos 30 años con óptimos resultados (véase por ejemplo Dusi 1985, Podolsky & Reed 1992, Blokpoel et al. 1997, Kress 1997, Jeffries & Brunton 2001, Martinez-Abraín et al. 2001, Crozier & Gawlik 2003, Ward et al. 2011, Williams et al. 2019).

Los proyectos de atracción de aves coloniales son muy utilizados y constituyen ejemplos positivos de cómo atraer conespecíficos. Sin embargo, hay que considerar que los resultados de estas simulaciones son exitosos, pero no en el corto plazo (se demoran años en que los animales utilicen esto sitios) y que la simulación tiene que ser efectuada en la proximidad de la colonia verdadera o en sitios de agregación de conspecíficos. También hay que considerar que solo hay publicaciones de experimentos con resultados positivos y los que han fracasados suelen estar fuera de las publicaciones científicas, quedando por lo tanto subestimados.

Por lo general Schlossberg & Ward (2004) sugieren que las especies candidatas a responder a atracción de conespecífico se pueden identificar en base a sus comportamientos y ecología. Especies susceptibles de responder a este tipo de experimento son especies migratorias, cantoras nocturnas y aquellas que tienden a tener una distribución agrupada.

Ahlering y colaboradores (2010) proponen una tabla de preguntas que hay que evaluar cuando se quiere hacer manejo de especies usando señales de atracción de conspecífico (Cuadro 1). Esto podría ocuparse como guía cuando se quiera aplicar esta técnica conductual para conservar especie amenazadas.

Aun cuando los estudios exitosos han sido en su mayoría con aves sociales, existen algunos estudios que sugieren que la atracción de conespecíficos podría ocurrir también en aves territoriales (Ward & Schlossberg 2004; Hahn & Silverman 2006).

Si bien hasta la fecha no hay estudios de simulación de lek con fines de conservación, este sistema de apareamiento por sus características (territorialidad y fidelidad a los sitios) podría ser un buen candidato para ser reproducido en terreno, con el fin de ayudar especies amenazadas. Utilizando el Cuadro 1 para el Picaflor de Arica, se podría preliminarmente concluir que podría ser factible aplicar medida de este tipo con éxito, basándose en las siguientes razones:

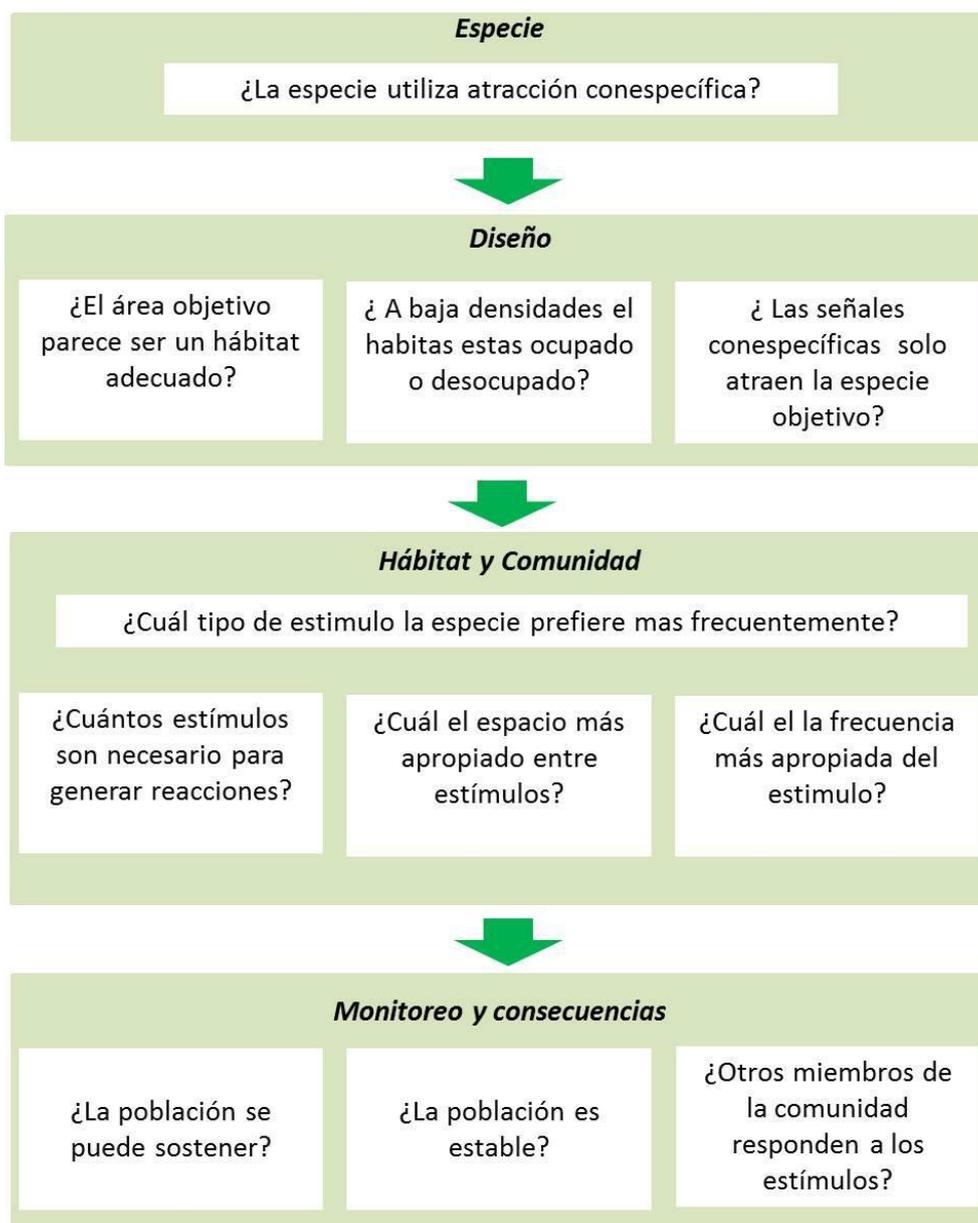
- La especie utiliza atracción de conspecíficos en su sistema de apareamiento.
- Los estímulos naturales utilizados en los leks de macho atraen principalmente solo machos de la especie, por lo tanto, una simulación al respecto atraería principalmente conespecíficos.
- Claridad de cuáles son los estímulos naturales claves para la especie (auditivos y visuales).
- Claridad de la frecuencia de emisión del sonido por el estudio del presupuesto de tiempo de la especie, según el cual se conoce el porcentaje de tiempo que los machos dedican naturalmente al canto, alimentación, percha, entre otros (Lazzoni et al. 2015).

Sin embargo, si bien tenemos un buen conocimiento sobre la biología del Picaflor de Arica, muchas de las preguntas que hay que plantearse, según Althering y colaboradores 2010, aún siguen sin respuesta. Es por esto que se hace necesario realizar varios pilotos de simulación (manipulando diferentes variables) para establecer cuál podría ser el más idóneo como herramienta de manejo efectivo.

El desafío de poder replicar un lek artificial, que sea lo más parecido a uno natural, implica no solo la atracción de los machos de la especie sino también la factibilidad y logística de reproducir en terreno este tipo de sistema de apareamiento.

El éxito de los métodos de atracción de conspecíficos depende del diseño del proyecto y de su ejecución. En general se recomienda que los simuladores empleados, playback y/o modelos, sean lo más cercano a las condiciones naturales de las especies (Althering et al. 2010).

**Cuadro 1** Tabla de preguntas que hay que evaluar cuando se quiere utilizar la atracción de conespecíficos. Elaboración propia en base a Althering et al. 2010.



### 3. Piloto de simulación de lek para machos de Picaflor de Arica 2020

A continuación, se reportan los detalles del experimento llevado a cabo en el año 2020, metodología y resultados. Los alcances de este experimento, como herramienta de manejo para el Picaflor de Arica, se describen en la sección 4 de este capítulo.

Antes de describir las diferentes fases del experimento, hay que señalar que debido a la contingencia mundial de la pandemia COVID19 hubo dificultades y atrasos en conseguir el material específico para la elaboración de los aparatos de reproducción de sonido y la instalación del experimento en terreno fue afectada, llevándose a cabo en el mes de octubre, a diferencia de lo que se tenía planeado originalmente para el mes de agosto, como los años anteriores.

#### 3.1. Metodología

El experimento de simulación de lek de machos de Picaflor de Arica se está llevando a cabo en la quebrada seca (UTM 19K 376749 E, 7920711S, Figura 1) situada en el Monumento Natural Picaflor de Arica perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que administra y gestiona CONAF. Ubicada en el Valle Vitor, mismo sitio donde se realizaron los pilotos de simulación en los años 2015, 2016, 2018 y 2019, en el ámbito de una consultoría para el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) y del proyecto “Project ID GCP/CHI/033/GEF”.

El sitio está compuesto por un bosque ralo de chañar (*Geoffroea decorticans*), además de otras especies nativas, y se encuentra en la cercanía de un lek establecido de machos de Picaflor de Arica y de un sitio de nidificación de la especie (Figura 1).



**Figura 1.** Vista aérea del sitio experimental, sitio de nidificación y lek históricos, valle Vitor.

Para este experimento dos fueron los estímulos claves de atracción propuesta por Althering y colaboradores (2010):

- Decoy de machos adultos de Picaflor de Arica (estimulo visual).
- Aparato de reproducción del sonido de los machos (estimulo auditivo).

A continuación, se reportan los detalles de la instalación del experimento en terreno.

### 3.1.1. Decoy (muñecos) de machos adultos de Picaflor de Arica

Decoy es la manera en que se denomina a los muñecos que se utilizan para la simulación de individuos de una especie, en el caso del Picaflor de Arica se diseñaron modelos de tamaño y coloración similares a los machos de la especie en posición de percha, simulando la defensa de un territorio, conducta que ocupa el 80% del tiempo en el territorio (Lazzoni et al. 2015).

Los muñecos fueron elaborados manualmente e individualmente por Valentina Echeverría, desde un armazón de alambre de cobre recubierto con pasta para moldear DAS, pintados con tempera normal con colores similares a los patrones de coloración de la especie y tempera metalizada en algunas partes del cuerpo para dar el efecto de brillo natural de las plumas del ave. Los ojos y el pico fueron barnizados y para reproducir el parche iridiscente de la garganta, que poseen los machos, se ocuparon lentejuelas de dos diferentes colores, pegadas con agorex (Figura 2).

Los muñecos contaban con una cabeza de movimiento libre (en base a un eje interno) para darle mayor naturalidad, esto permite que con el viento la cabeza gire levemente de un lado a otro.



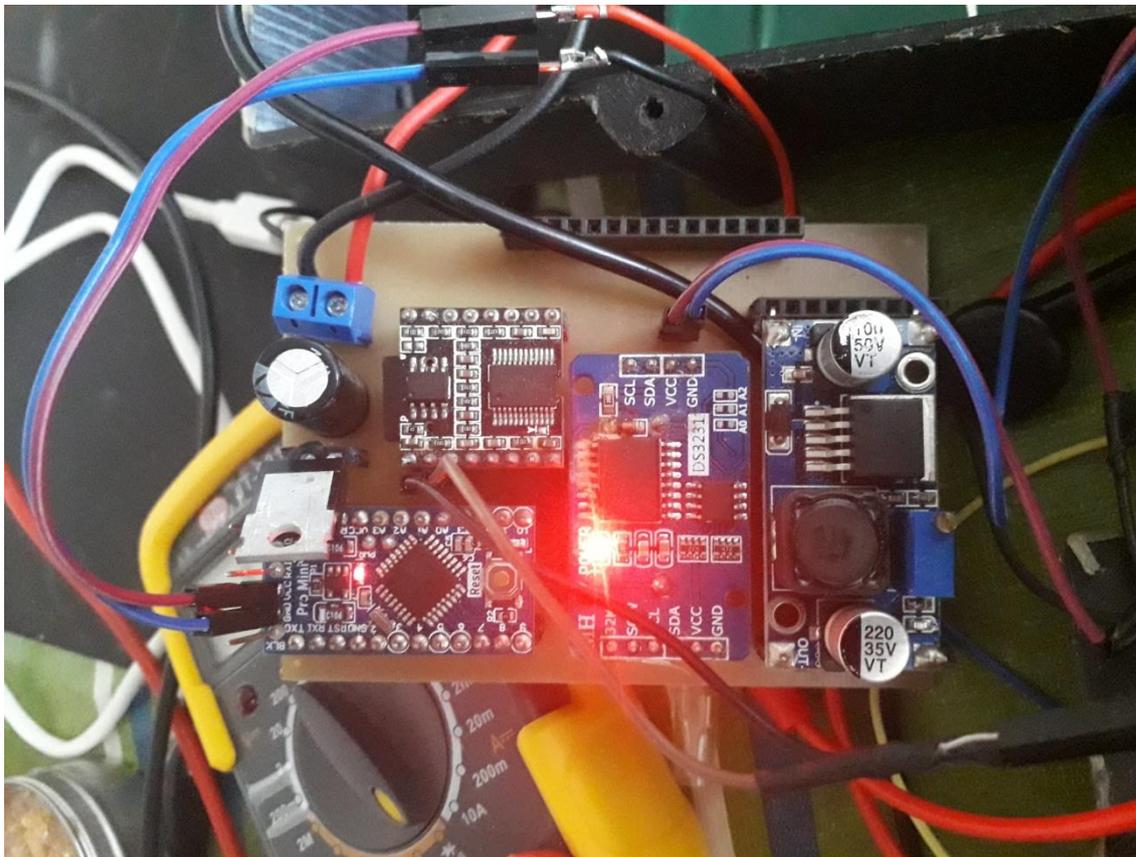
**Figura 2.** Algunas de las diferentes fases de elaboración de los muñecos de machos de Picaflor de Arica. Elaborado por Valentina Echeverría.

### 3.1.2. Aparato de reproducción del sonido de los machos

Este ha sido el aspecto más complejo de la simulación de lek, sobre todo la parte de autonomía del sistema. Para el año 2020 se trabajó en mejorar los aparatos elaborado en el año 2019. A continuación, se reporta las etapas de elaboración del nuevo sistema realizado por parte del Doc. Roberto Thomson.

Los sistemas de sonidos utilizados en el experimento se basaron en un microprocesador controlando módulos electrónicos de bajo consumo de energía, alimentados por energía solar. En una etapa inicial, el sistema de sonido se diseñó en base a un microprocesador AT3MEGA 328, el que controlaba dos módulos, un reloj digital DS3231 y un reproductor de archivos mp3 DFPlayer Mini. Con ello se programó la reproducción de un archivo mp3, a través de un pequeño parlante de 8 Ohms, a intervalos dados entre las 08:00 y 19:30 hrs cada día. La alimentación de energía al

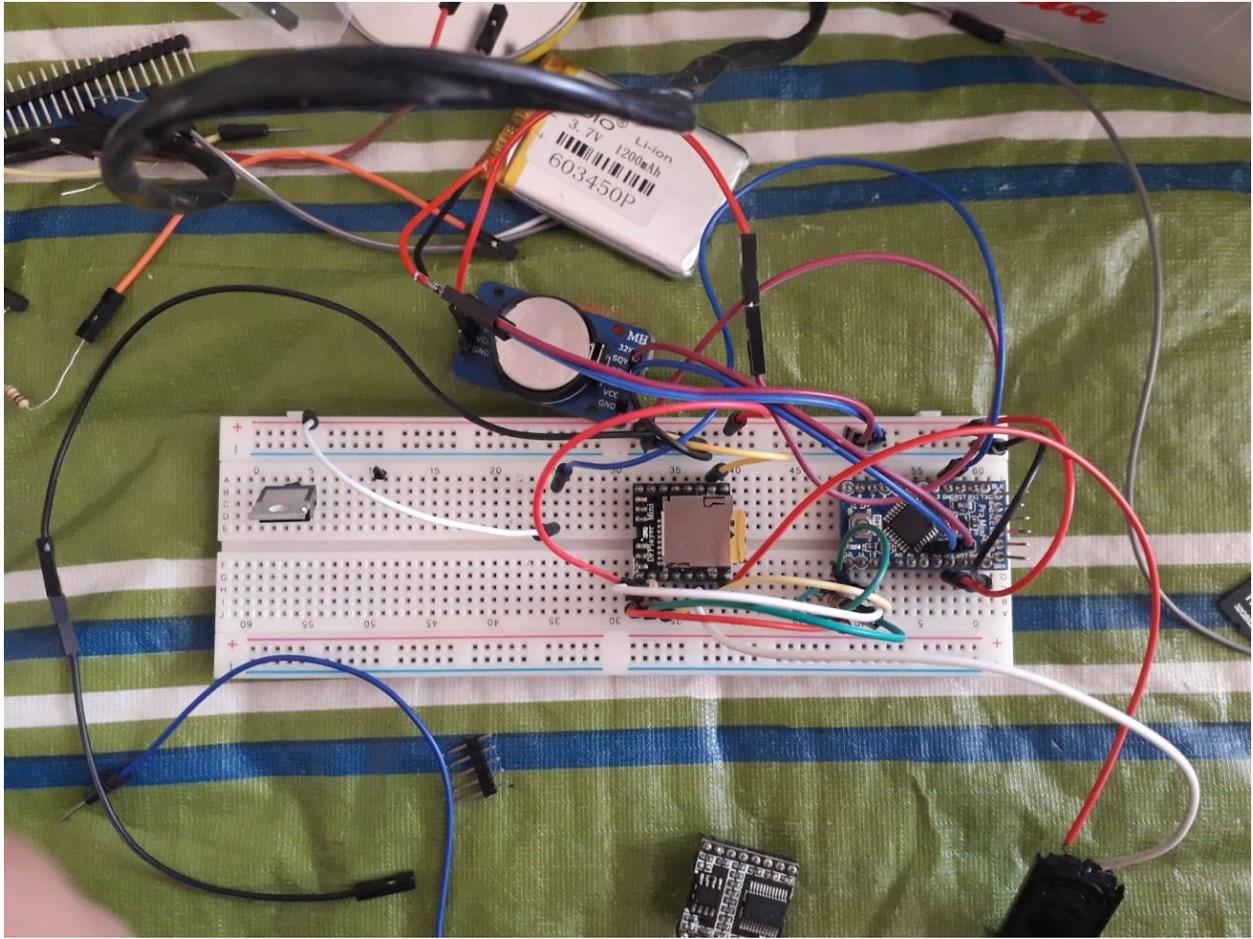
sistema se basó en 12 paneles solares de 5 voltios y 0.4 mA, colocados en serie y paralelo, para alimentar una batería de 3.7 voltios. Para ello se requirió utilizar un regulador de voltaje para mantener una alimentación de 5 voltios a un módulo cargador de batería (Figura 3).



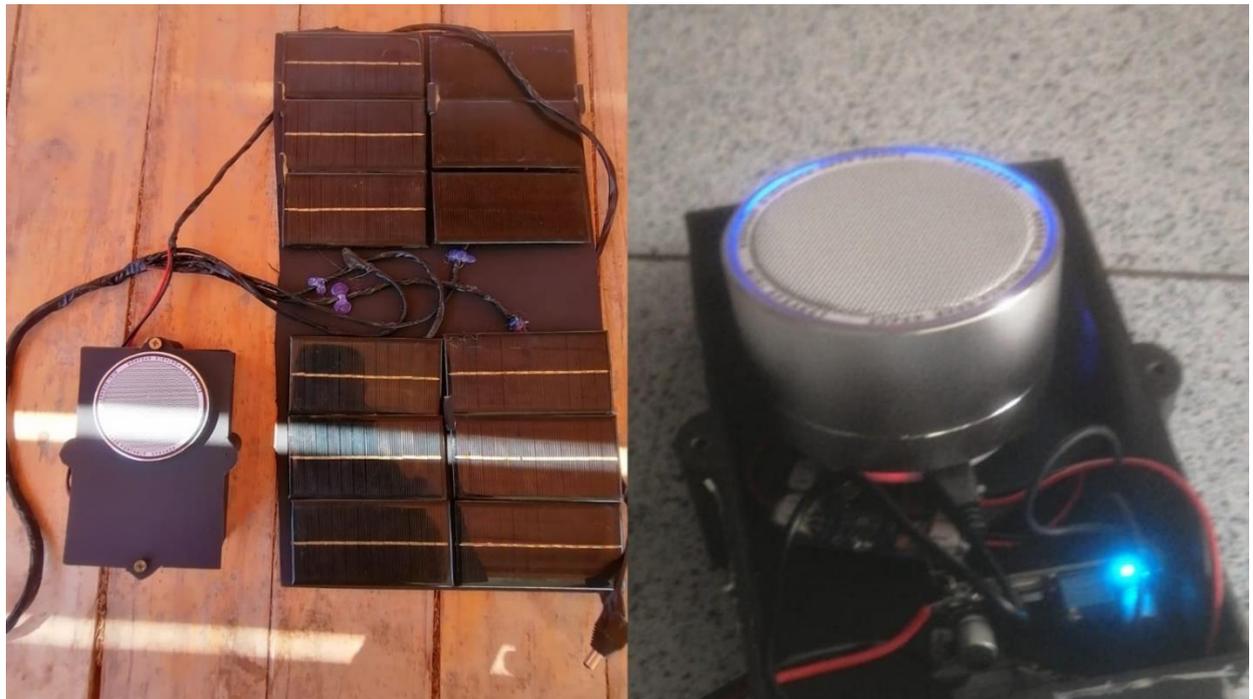
**Figura 3.** Detalles de la primera etapa de elaboración de los aparados de emisión de sonido para el experimento de lek.

En una segunda etapa, frente a problemas en la carga de la batería, se reemplazó el módulo cargador de batería, por un módulo específico para la carga de baterías a partir de paneles solares. Además, y permitido por las capacidades del nuevo módulo, se adosó una segunda batería como respaldo al sistema (Figura 4).

Finalmente, en base a la funcionalidad obtenida con el nuevo sistema de sonido, se probó una alternativa de reproductor de mp3 comercial que cuenta con su propio parlante. El cual fue alimentado utilizando componentes de alimentación energética en base a energía solar antes mencionados (Figura 5).



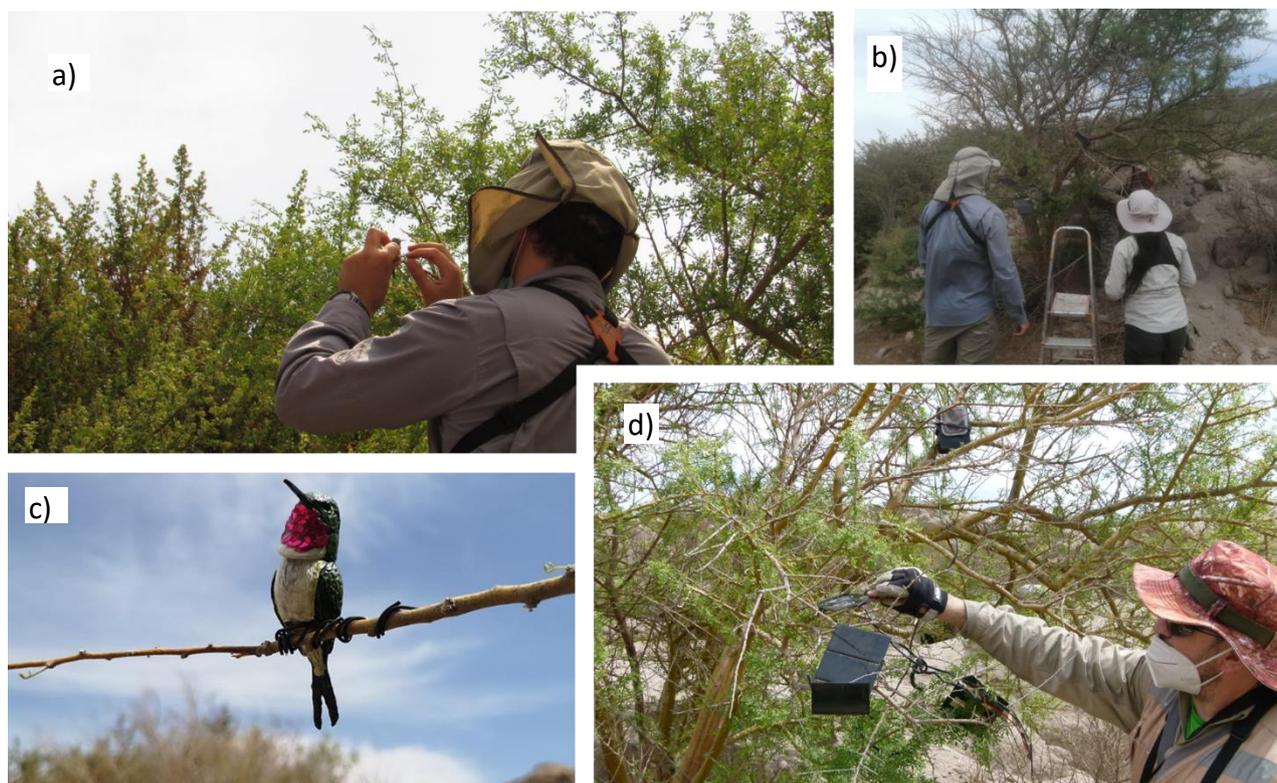
**Figura 4.** Nuevo sistema de reproducción de sonido modificado



**Figura 5.** Detalles de los aparatos de emisión de sonido conectados a los paneles solares.

### 3.1.3. Instalación del sistema en terreno

El experimento fue instalado el 16 de octubre 2020. Se colocaron 4 decoy de picaflor (Figura 6, imagen c) en el territorio escogido para el experimento LEK. Los muñecos fueron instalados en la parte alta de una rama vistosa y despejada para que sea visible, simulando el comportamiento de los machos en su lek tradicional, posteriormente se procedió a instalar los parlantes en una posición lo más idónea posibles (poco visible y en la cercanía del decoy con exposición al norte) (Figura 6).



**Figura 6.** Instalación del lek artificial en el sitio experimental ubicado en el Monumento Natural Picaflor de Arica, valle Vitor.

### 3.1.4. Monitoreo del experimento

Debido a los problemas de identificación de la especie se optó este año por intentar desvincular la toma de datos a una persona (encargado de monitoreo), utilizando trampas cámaras instaladas apuntando a los muñecos con la idea de capturar la interacción con sus conespecíficos (Figura 7).

Una trampa cámara es un dispositivo automático usado para capturar imágenes fotográficas o videos (según configuración) de animales en la naturaleza. Esta cámara se instala apuntando a un cebo de atracción ( en este caso el decoy) la cual es activada por el movimiento que es captado por medio de un sensor infrarrojo.

Para verificar la factibilidad de poder capturar imágenes de picaflores con esta herramienta, se realizó en Santiago, a modo de prueba, con el picaflor chico (*Sephanooides sephanioides*) (Figura 8). Si bien las trampas cámaras son una herramienta extremadamente eficiente en capturar animales con el movimiento, debido a la velocidad de vuelo y tamaños de los picaflores fue necesario realizar esta prueba para verificar su funcionalidad a la hora de capturar e identificar a esta especie tan rápida y pequeña.

Se instalaron, a modo de prueba, 4 trampas cámaras, apuntando a los decoy, durante una semana, estas fueron programadas para hacer videos de los movimientos que se registraran (Figura 9).



**Figura 7.** Instalación de las trampas cámaras en el sitio experimental de lek simulado apuntando a los muñecos de machos.



**Figura 8.** Ejemplos de las pruebas de trampas cámaras con el picaflor chico (*Sephanioides sephanioides*). En la imagen de derechas se identifica fácilmente la especie.



**Figura 9.** Trampa cámara apuntando al decoy de macho de Picaflor de Arica (cebo).

Además de instalar en el sitio experimental trampas cámaras apuntando a los muñecos de Picaflor de Arica, se instalaron cámaras Timelapse que apuntaran a potenciales perchas de Picaflor de Arica.

A diferencia de las trampas cámaras las Timelapse tiene la funcionalidad de programar la toma de imágenes en rangos de tiempo (ejemplo 1 minuto, 1 hora, etc), las cuales posteriormente son transformadas en un video de reproducción alta velocidad, realizando una especie de resumen de las imágenes captadas.

En el sitio experimental se instalaron un total de 4 Timelapse programadas para tomar imágenes cada 1 minuto. Se identificaron aquellas ramas que podrían ser potenciales perchas de defensa de territorio por parte de los machos, al mismo tiempo estas perchas fueron despejadas de las ramas que las rodean para “forzar” la selección de la rama despejada por parte de individuos curiosos o territoriales que se distribuyeran por la zona.

### 3.2. Resultados

A la fecha de elaboración del presente informe aún sigue activo el experimento lek, por lo tanto, se presentan solamente resultados parciales. Los monitoreos terminaran el 31 de diciembre del presente año.

La factibilidad de utilizar trampas cámaras para registrar la presencia de la especie fue evaluada a la semana de su instalación, y lamentablemente esta herramienta no resultó ser la solución más idónea para este sitio experimental en particular, debido principalmente a la presencia del fuerte viento predominante en el área, que activó las trampas contantemente, agotando las pilas y la tarjeta, capturando muchos videos en un par de horas, sin ningún registro asociado.

Por otro lado, las cámaras Timelapse resultaron ineficientes a la hora de la identificación de individuos, pero no en la obtención de imágenes, ya que estas no están sujetas a las condiciones climáticas para activarse. En la Figura 10 se reportan algunas imágenes tomadas que muestran la extrema dificultad para identificar el objeto fotografiado.



**Figura 10.** Imágenes tomadas por las cámaras Timelapse en el sitio experimental. Como se puede apreciar en el círculo rojo se registraron potenciales picaflores que lamentablemente no se pudieron discriminar.

Debido a los resultados obtenidos en una semana de prueba con ambos tipos de cámaras instaladas en el sitio, se optó por seguir monitoreando el experimento con el apoyo voluntario e impagable del Guardaparques del Monumento Natural Picaflor de Arica, Joel Mery, quien ya estaba entrenado en el reconocimiento de la especie y que participó de esta campaña a modo de capacitación y al mismo tiempo, como evaluación por parte del equipo, en relación a sus conocimientos sobre la especie, los que resultaron ser extraordinarios a la hora de discriminar las especies de picaflores de la región.

El Guardaparques encargado está siguiendo el mismo protocolo de monitoreo que se ha aplicado en los años anteriores:

- Observación cada 3 días por aproximadamente 3 horas para monitorear el funcionamiento del equipo experimental y la eventual presencia de picaflores.
- Registros de las observaciones efectuadas: con fecha, hora, condición meteorológica, individuos observados (especie) y cantidad, además de todas las observaciones que sean pertinente para cada día de monitoreo.
- Caracterización de la oferta de recursos florales presentes en la cercanía del experimento. Esto es importante para poder discernir en lo posible si los picaflores están atraídos por los muñecos que simulan a los machos o por la oferta de recurso presente en el área experimental.

Como resultados preliminares se reporta:

- Presencia de 7 individuos de Picaflor del Norte (*Rodophis vesper*) con las siguientes conductas: 4 en sobrevuelo y 3 en percha, uno de estos muy cerca de un decoy de Picaflor de Arica, pero no se observó ningún tipo de interacción.
- Hay reporte de actividad reproductiva de Picaflor de Arica en la cercanía del lugar de la simulación Lek (Figura 1). A la fecha se han registrado 2 nidos activos de la especie en este sector.
- Se reporta activo el lek histórico existente en las cercanías del sitio experimental (Figura 1).

## **4. Alcance y factibilidad de lek simulado como herramienta de manejo para la especie**

Aunque no se dispone de los resultados finales para este año 2020, se puede igualmente elaborar una serie de conclusiones generales en relación a la experimentación realizada a lo largo de estos años, la cual está siendo y/o fueron financiadas por del Ministerio del Medio Ambiente y el proyecto “Conservación de Especies Amenazadas” MMA-FAO-GEF.

El desafío que impone replicar un lek artificial, que sea lo más parecido a uno natural, implica no solo la atracción de los machos de la especie a un sitio particular, sino también la factibilidad y logística de reproducir en terreno este tipo de sistema de apareamiento.

Para responder a la pregunta inicial sobre si es posible simular un lek en terreno con los elementos que se disponen hasta la fecha, creemos que la respuesta es sí, es posible realizar una simulación de sitio de agregación de macho parecido a lo que se encuentran en la naturaleza, pero que, debido a la dinámica y constitución de los lek de esta especie es difícil pensar en atraer otro macho adulto con territorio ya consolidado en un lek histórico, pero si es factible pensar en atraer a los juveniles y machos adultos satélite que no lograron conseguir un territorio estable en un sistema de lek histórico o tradicional.

### **4.1. ¿La simulación de lek de Picaflor de Arica es una real herramienta de manejo para la especie?**

Es importante tener en cuenta que los estudios exitosos en atracción de conoespecíficos requieren años de simulación, por lo tanto, las réplicas en el tiempo de estos sistemas nos darán una mejor aproximación para sacar conclusiones y aplicaciones que nos lleven a resultados contundentes.

Los resultados obtenidos hasta la fecha, revelan una posible efectividad de este tipo de simulación para la conservación del Picaflor de Arica, sin embargo, resulta necesario aún más experimentación al respecto, resolver definitivamente los problemas de autonomía del sistema y así automatizar la toma de datos para evitar la presencia de personal encargado de monitorear.

Si bien simular un lek artificial sigue siendo una valiosa opción para el manejo de la especie, hay que poner en evidencia que después de varios años de experimentación aún persisten algunas limitaciones que impiden su aplicación total en terreno, con la experiencia acumulada hasta ahora podemos definir lo elementos claves a tener en cuenta para futuras simulaciones:

1. La autonomía del sistema de replicación de sonido en terreno sigue aún no resuelta al cien por ciento probablemente debido a la complejidad de los diferentes requerimientos a tener en cuenta (que sea energéticamente autónoma, que funciona solamente durante ciertas horas del día, que perdure funcionado en terreno por meses, entre otras).
2. Soluciones alternativas para una toma de dato automática, trampas cámaras modificadas específicamente en relación a las características de los sitios experimentales en donde implementar los experimentos (ejemplo viento, humedad, etc.) y a las características de la especie (tamaño, velocidad de vuelo, etc.).
3. Desarrollar el experimento en más sitios simultáneamente y en diferentes valles para intentar explicar las variables que podrían estar afectando el resultado de la simulación, como por ejemplo la distancia a un lek tradicional, a sitios de nidificación o a zonas con disponibilidad de alimento, entre otras.
4. La seguridad del sitio de experimentación en relación al resguardo de los materiales a instalar, ya sea por su alto valor económico como por el esfuerzo económico desplegado en la habilitación de estos experimentos.

Resumiendo, la clave del posible éxito de esta potencial herramienta de manejo es la autonomía del sistema, no solo desde el punto de vista del funcionamiento, sino también del monitoreo del experimento. Ambos aspectos podrían ser solucionados con una mayor inversión de recurso económicos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Por medio de este párrafo AvesChile quiere agradecer a:

- CONAF por permitirnos trabajar en el Monumento Nacional Picaflor de Arica. A su director regional Héctor Peñaranda y especialmente al guardaparque del sitio, Joel Mery, que nos estas apoyando con el monitoreo del sitio experimental.
- Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre (LEVS) de la Universidad de Chile por habernos facilitados gratuitamente las trampas cámaras y Timelapse utilizadas en el sitio experimental.
- Un especial agradecimiento al equipo que trabajó en terreno realizando el monitoreo poblacional, desplazándose desde Santiago hacia Arica y en los valles de la región en medio de una pandemia mundial.

### III. Bibliografía

- Ahlering, M.A., D. Arlt, M.G. Betts, R.J. Fletcher, Jr.J.J. Noceras & M. Ward 2010. Research needs and recommendations for the use of conspecific attraction methods in the conservation of migratory songbirds. *The Condor* 112:252–264.
- Alonso, J.C., M.B. Morales & J.A. Alonso 2000. Partial migration, and lek and nesting area fidelity in female great bustards. *The Condor* 102: 127-136
- Bibby, C.J., N. Burges & D. Hill. 1992. Bird census techniques. British trust for Ornithology / Royal Society for the protection of Birds. Academic Press.
- AvesChile 2018. Estimación poblacional de picaflor de Arica temporada 2018, 2019, 2020 y simulacion de lek de machos. Informe no publicado. Ministerio del Medio Ambiente.
- Bibby, C.J., N. Burges & D. Hill. 1992. Bird census techniques. British trust for Ornithology / Royal Society for the protection of Birds. Academic Press.
- BirdLife International. 2017. *Eulidia yarrellii*. (amended version published in 2016) The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22688244A112392683. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-1.RLTS.T22688244A112392683.en>.
- Birdlife International 2000. Threatened birds of the world. Barcelona and Cambridge, U.K.: Lynx Edicions and BirdLife International.
- Blokpoel, H., D. T. Gaston, and R. A. Andress. 1997. Successful restoration of the Ice Island common tern colony requires on-going control of ringbilled gulls. *Colonial Waterbirds* 20:98-101.
- Cayuela, H. et al. 2019. Demography, genetic, and extinction process in a spatially structured 1 population of lekking bird. <http://dx.doi.org/10.1101/705301>
- Crozier G.E. & Gawlik D.E. (2003) The use of decoys as a research tool for attracting wading birds. *Journal of Field Ornithology* 74:53-58.
- Dusi J.L. (1985) Use of sounds and decoys to attract herons to a colony site. *Colonial Waterbirds* 8:178-180.
- Estades, C.F., J. Aguirre, M.A.H. Escobar, J.A. Tomasevic, M.A. Vukasovic y C. Tala. 2007. Conservation Status of the Chilean Woodstar *Eulidia yarrellii*. *Bird Conservation International* 17:163-165.
- Hahn, B.A & E.D. Silverman 2006. Social cues facilitate habitat selection: American redstarts establish breeding territories in response to song. *Biol Lett.* 2:337-340.
- Jeffries D.S. & Brunton D.H. (2001) Attracting endangered species to 'safe' habitats: responses of fairy terns to decoys. *Animal Conservation* 4:301-305.
- Juiña, M.E., J. Berton, C. Harris, H.F. Greeney & B.R. Hickman 2010. Descripción del nido y cuidado parental de la estrellita esmeraldeña (*Chaetocercus berlepschi*) en el occidente del Ecuador. *Ornitología neotropical* 21:313-322.

- Kress, S. W. 1997. Using animal behavior for conservation: Case studies in seabird restoration from the Maine Coast, USA. *Journal of the Yamashina Institute for Ornithology* 29:1-26.
- Lazzoni, I. & C. Estades 2015. Expansión o extinción: el rol de la competencia en la tendencia poblacional de *Eulidia yarrellii* y *Thaumastura cora*. Tesis de la Universidad de Chile Doctorado en Ciencias con mención en Ecología y Biología Evolutiva Facultad de Ciencias.
- Manly, B.F.J. 1997. *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*, Second Edition. Chapman and Hall/CRC. McDonald, D.B & W.K. Potts 1994. Cooperative display and relatedness among males in a lek-mating bird. *Science* 266:1030-1032.
- Martinez Abrain, A., V. Covadonga, N. Ramo & D. Oro 2001. A note on the potential role of philopatry and conspecific attraction as conservation tools in Audouin's Gull *Larus audouinii*. *BirdLife International* 11: 143-147.
- Morales, M.B., C. Alonso, J.A. Alonso & E.M.S Martín 2000. Migration patterns in male great bustard (*Otis tarda*). *The Auk* 117:493-498.
- Podolsky, R. H. 1990. Effectiveness of social stimuli in attracting Laysan albatross to new potential nesting sites. *Auk* 107:119-124.
- Seavy, N.E., Quader, S., Alexander, J.D. & Ralph, J. 2005. Generalized Linear Models and Point Count Data: Statistical Considerations for the Design and Analysis of Monitoring Studies. Pp. 744-753. In Ralph, C.J. and Rich, T., eds., *Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference: USDA Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191, Asilomar, CA, USDA Forest Service.*
- Schlossberg, S. R., and M. P. Ward 2004. Using conspecific attraction to conserve endangered birds. *Endangered Species Update* 21:132-138.
- Thompson, W.L., G.C. White & C. Gowan. 1998. *Monitoring Vertebrate Populations*. Elsevier.
- van Dongen, W.F.D, I. Lazzoni Traversaro, H. Winkler, R.A. Vásquez & C. Estades 2013. Reproductive interference and resource competition between an endangered and a recently-arrived hummingbird. *Biological Invasions* 15:1155-1168.
- Ward MP, B. Semel, C. Jablonsk, C. Deutsh, V. Giammaria, S.B. Miller & B.M. Mcguire 2011. Consequences of using Conspecific Attraction in Avian Conservation: A Case Study of Endangered Colonial Waterbirds. *Waterbirds* 34:476-480.
- Williams, D.R., Child, M.F., Dicks, L.V., Ockendon, N., Pople, R.G., Showler, D.A., Walsh, J.C., zu Ermgassen, E.K.H.J. & Sutherland, W.J. (2019) Bird Conservation. Pages 141-290 in: W.J. Sutherland, L.V. Dicks, N. Ockendon, S.O. Petrovan & R.K. Smith (eds) *What Works in Conservation 2019*. Open Book Publishers, Cambridge, UK.