



UNIVERSIDAD DE CHILE -FACULTAD DE CIENCIAS -ESCUELA DE PREGRADO

**“Evaluación del estado de conservación del Picaflor de Arica
(*Eulidia yarrellii*)”, usando estocasticidad ambiental”**

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

Matías Andrés Badilla Aguilera

Director del Seminario de Título: Ramiro Osciel Bustamante Araya

Co-Director del Seminario de Título: Ricardo Castro Santis

Noviembre 2023

Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TITULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el o (la) candidato (a):

MATÍAS ANDRÉS BADILLA AGUILERA

“Evaluación del estado de conservación del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), usando estocasticidad ambiental”

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

Dr. Ramiro Bustamante.

Director Seminario de Título _____

Dr. Ricardo Castro.

Co-Director Seminario de Título _____

COMISIÓN REVISORA Y EVALUADORA

Dr. Rodrigo Vásquez.

Presidente _____

Dr. David Véliz.

Corrector _____

Santiago de Chile, Noviembre

BIOGRAFÍA



Desde que tengo memoria me gusta la naturaleza y los animales, nunca tuve dudas sobre lo que quería estudiar y hacer con mi vida, con los años me fui enterando y comprendiendo los graves daños que ocasionamos al medio ambiente y eso resultó ser una motivación más para elegir una carrera donde pudiera ayudar a la naturaleza y animales que tanto aprecio.

Así llegué a estudiar biología ambiental en la Universidad de Chile, lugar donde conocí grandes amigos y profesores, que sienten el mismo aprecio que yo por la naturaleza. Durante toda mi carrera me fui topando con el picaflor de Arica, en diferentes ramos hice trabajos y presentaciones, así fue como en el electivo de ecología de poblaciones hice un trabajo sobre el picaflor de Arica, sin saber que este trabajo sería el inicio de mi seminario de título, en ese momento conocí al profesor Ramiro Bustamante quién es mi director de seminario de título y me ha ayudado mucho en este camino de ser un biólogo ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia a mi familia por todo su apoyo y compañía en mi vida y en este proceso de ser un biólogo ambiental, por siempre estar ahí conmigo y todas sus enseñanzas y consejos para ser una mejor persona y poder cumplir mis metas.

También quiero agradecer a todos mis amigos y seres queridos por ser parte de mi vida, los cuales me dieron grandes y lindos recuerdos de mi época universitaria y escolar. Son muchas amistades así que no los mencionaré para no olvidarme de nadie.

Otros agradecimientos van para mis profesores, en especial al profesor Ramiro y a mi codirector del seminario de título el profesor Ricardo, quienes me han dado muchas ideas y consejos para desarrollar mi tesis. Debo mencionar a Jorge Cortés por toda su ayuda en los programas que utilicé y darme el tiempo para responder mis dudas, mencionar también a mis compañeros de laboratorio de ecología por su buena onda y consejos.

Finalmente quiero mencionar a todas mis mascotas, tres perros y dos gatas, las cuales son parte de mi familia y me dan un apoyo emocional importante e incondicional.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GENERAL:	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	16
MATERIALES Y MÉTODOS	16
ÁREA DE ESTUDIO.....	16
OBTENCIÓN DE DATOS.....	16
ANÁLISIS DE DATOS	17
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN	25
CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Proyecciones poblacionales hasta 100 años del Gorrión cantor (<i>Melospiza melodia</i>) a partir de su historia demográfica.	8
Figura 2 : Ejemplo de curvas de cuasi extinción para dos poblaciones de tortugas (<i>Clemmys guttata</i>) una al norte y otra al sur del sitio de estudio. Para el año 20 la P(E) de la población norte es 0.2 y para la población sur es 0.4. (Ennerson & Litzgus, 2009).	9
Figura 3 : Mapa de la región de Arica y Parinacota, marcado con rojo los valles de Azapa, Vítor y Camarones, en donde existen registros del Picaflor de Arica.	12
Figura 4 : Esquema propuesto por Mace y Lande para determinar el estado de conservación de poblaciones, mediante las curvas de cuasi extinción.	18
Figura 5 : Histogramas de frecuencia de λ del Picaflor de Arica en cada valle.	19
Figura 6 : Curva de Cuasi extinción del Picaflor de Arica en el valle de Azapa y su comparativa con el esquema de Mace & Lande, la curva se marca con un punto rojo.	20
Figura 7 : Curva de Cuasi extinción del Picaflor de Arica en el valle de Camarones y su comparativa con el esquema de Mace & Lande, marcado con un punto rojo.	21
Figura 8 : Curva de Cuasi extinción Picaflor de Arica en el valle de Vítor y su comparativa con el esquema de Mace & Lande, marcado con un punto rojo.	22
Figura 9 : Distribuciones de las P(E) para cada localidad: Azapa, Camarones y Vítor, región de Arica y Parinacota, Chile. Obtenidas a partir de 100 valores iniciales de P(E) utilizando un remuestreo ($n = 150.000$) tipo Bootstrap.	23
Figura 10 : Boxplot de las probabilidades de extinción P(E) para los 3 valles.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

FIGURA ANEXO 1: DINÁMICA POBLACIONAL PICAFLOR DE ARICA EN EL VALLE DE AZAPA.....	36
FIGURA ANEXO 2: DINÁMICA POBLACIONAL PICAFLOR DE ARICA EN EL VALLE DE CAMARONES.	37
FIGURA ANEXO 3: DINÁMICA POBLACIONAL PICAFLOR DE ARICA EN EL VALLE DE VÍTOR.....	37
FIGURA ANEXO 4: TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (λ) DEL PICAFLOR DE ARICA (EULIDIA YARRELLII) EN AZAPA, DESDE EL AÑO 2003 AL 2021.....	38
FIGURA ANEXO 5: TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (λ) DEL PICAFLOR DE ARICA (EULIDIA YARRELLII) EN CAMARONES, DESDE EL AÑO 2008 AL 2021.....	38
FIGURA ANEXO 6: TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (λ) DEL PICAFLOR DE ARICA (EULIDIA YARRELLII) EN VÍTOR, DESDE EL AÑO 2003 AL 2021.....	39
FIGURA ANEXO 7: HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE PROBABILIDAD DE EXTINCIÓN EN AZAPA.	39
FIGURA ANEXO 8: HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE PROBABILIDAD DE EXTINCIÓN EN CAMARONES.....	40
FIGURA ANEXO 9: HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE PROBABILIDAD DE EXTINCIÓN EN VÍTOR..	40

RESUMEN

El picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) es una de las especies más amenazadas de Chile, declarada monumento natural y ave símbolo de Arica, es endémica de solo algunos valles del norte de Chile, ya extinta en Perú. Antiguamente en los años 40' era muy abundante y su distribución era extensa, pero hoy en día es cada vez más escasa y difícil de observar, tanto así que ha existido un arduo y constante monitoreo de sus poblaciones desde el año 2003 hasta la fecha, dónde se ha evidenciado una preocupante disminución de su población y su distribución. Tal situación se estima que es ocasionada principalmente por actividades humanas como la agricultura, uso de pesticidas, fragmentación del hábitat y en menor relevancia la llegada a la zona del Picaflor de Cora (*Thaumastura cora*). Sin embargo, las diferentes medidas tomadas no han sido suficiente para poder frenar o revertir esta gran disminución de sus poblaciones y la situación actual sigue siendo preocupante.

El presente Seminario de Título busca evaluar la viabilidad poblacional del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en los valles de Azapa, Camarones y Vitor, a partir de registros históricos del tamaño poblacional en estos tres valles en la región de Arica y Parinacota. Calculando su probabilidad de extinción y curvas de cuasi extinción para cada población, usando proyecciones a partir de los conteos poblacionales y sus tasas de crecimiento poblacional asociadas, para luego comparar las curvas de cuasi extinción obtenidas con las establecidas por Mace & Lande (1991) y determinar su estado de conservación en cada valle.

Los resultados muestran que la población en Azapa está prácticamente extinta, es decir alcanza un 100% de probabilidad de extinción al primer año de proyección, en tanto Camarones su población está en la categoría de casi amenazada o vulnerable, teniendo menos de un 10% de probabilidad de extinción en 100 años y en Vítor su población es vulnerable, con un 70% de probabilidad de extinción en 100 años. Los dos métodos utilizados, es decir, curvas de cuasi extinción y la distribución de probabilidades de $P(E)$, entregaron resultados semejantes entre sí y concordantes con los antecedentes de la especie, otorgando valores cuantificables y escala temporal para las labores de conservación del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*). El futuro de la especie es incierto y de mal pronóstico, por lo tanto es fundamental no descartar ninguna medida para su conservación.

Palabras claves: probabilidad de extinción, curvas de cuasi extinción, *Eulidia yarrellii*, estados de conservación, estocasticidad ambiental.

ABSTRACT

The Arica picaflor (*Eulidia yarrellii*) is one of the most threatened species in Chile, declared a natural monument and symbol bird of Arica, it is endemic to few valleys in northern Chile, already extinct in Peru. *E. yarrellii* was abundant in 1940s with an extensive distribution, very, but today it is increasingly scarce and difficult to observe, so much so that there has been an arduous and constant monitoring of its populations since 2003 to date, where there has been a worrying decline in its population and distribution. Decline could be due mainly by human activities such as agriculture, Pesticide use, habitat fragmentation and, to a lesser extent, the arrival in the area of the Cora Picaflor (*Thaumastura cora*). However, measures have not been sufficient to halt or reverse this decline in their populations.

This study seeks to evaluate the population viability of the Arica hummingbird (*Eulidia yarrellii*) in the Azapa, Camarones and Vitor valleys, based on historical records of population size in these three valleys in the Arica and Parinacota region. Calculating their probability of extinction and the quasi-extinction curves for each population, using projections from population counts and their associated population growth rates, and then comparing the obtained quasi-extinction curves with those established by Mace & Lande (1991) and determining their conservation status in each valley.

The results show that the population in Azapa is nearly extinct, that is, it reaches a 100% probability of extinction in the first year of projection, while its population in Camarones is in the category of almost threatened or vulnerable, having less than a 10% probability of extinction. extinction in 100 years and in Vítor its population is vulnerable, with a 70% probability of extinction in 100 years. The two methods used, that is quasi-extinction curves and the probability distribution of $P(E)$, gave results that were similar to each other and consistent with the background of the species, granting quantifiable values and time scale for the conservation work of the Arica Hummingbird (*Eulidia yarrellii*). The future of the species is uncertain and has a poor prognosis, therefore it is essential not to rule out any measures for its conservation.

Keywords: probability of extinction, quasi-extinction curves, *Eulidia yarrellii*, conservation status, environmental stochasticity.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la actividad humana está provocando una gran pérdida de biodiversidad sin precedentes en la historia de nuestro planeta, como consecuencia de las diferentes actividades tanto a escala local como global (Pérez-García J.N, 2020). Entre esas actividades, las más relevantes corresponden a la destrucción y fragmentación del hábitat, introducción de especies exóticas, sobreexplotación de especies, contaminación, enfermedades emergentes y el cambio climático global (Ceballos y Ortega-Baes, 2011). Todas estas amenazas pueden actuar en forma sinérgica e impactar con mayor magnitud sobre los ecosistemas. A nivel de especies, es cada vez más el número que se incorpora a las categorías de amenaza (IUCN. 2010), surgiendo así el concepto de la llamada sexta extinción masiva de las especies (Rodríguez Sousa, 2018).

La gran pérdida de biodiversidad representa un problema grave y alarmante para toda la humanidad, dado que las diferentes poblaciones y las especies nos proveen diversos servicios ecosistémicos (Foley, 2005; Vanbergen et al. 2020), que resultan ser fundamentales para nuestra propia sobrevivencia. La conservación de esta biodiversidad es crucial para nuestro futuro como especie y es nuestro deber y responsabilidad protegerla y conservarla.

A nivel de especies, una forma de evaluar si sus poblaciones tienen o no posibilidades de persistir en el futuro, es evaluando su probabilidad de extinción

utilizando los Análisis de Viabilidad Poblacional (AVP) (Gilpin & Soulé, 1986); de esta forma se puede examinar la variación aleatoria que han experimentado sus poblaciones en el tiempo, producto de la variación estocástica de las variables ambientales, denominada estocasticidad ambiental.

La estocasticidad ambiental se define como las variaciones en la abundancia que ocurren en las poblaciones como consecuencia de cambios ambientales azarosos (Monroy-Ata y Carlos, 2016). Ejemplos de variaciones ambientales estocásticas y que repercuten sobre la dinámica temporal de las poblaciones naturales son algunos cambios en temperatura, salinidad, precipitaciones, vientos, pH, entre otras (Monroy-Ata y Carlos, 2016).

Todas estas fuentes de variación que pueden afectar la persistencia de las poblaciones naturales quedan de alguna manera registrada en las series temporales que representan la dinámica de las poblaciones. Así una serie temporal registra la historia demográfica de una población y a partir de ella podemos proyectar el futuro de esa población.

Lambda (λ), la tasa finita de crecimiento poblacional, es uno de los parámetros más comunes para estudiar la dinámica de una población; se calcula de la siguiente forma:

$$\lambda = N_{t+1}/N_t \quad (1)$$

Donde N_{t+1} es el tamaño poblacional en un tiempo (t+1) y N_t es el tamaño poblacional en un tiempo (t).

Si en un intervalo de tiempo, λ es mayor a 1, la población está en crecimiento; si λ es menor a 1, la población decrece; y si λ es igual a 1, la población se mantiene constante en ese intervalo de tiempo. Si las condiciones ambientales cambian, uno esperaría que la abundancia poblacional y por lo tanto el parámetro λ cambien en el tiempo. Así se puede estimar este parámetro entre los diversos intervalos de tiempo obteniendo un vector que representa la variación temporal de λ . De hecho, se puede considerar a este parámetro como una variable aleatoria que captura la variación estocástica de todos los factores ambientales que han afectado la historia demográfica de una población. Si λ es una variable aleatoria, entonces es posible estudiar su comportamiento estocástico. Es necesario entonces, modificar los modelos de crecimiento poblacional hacia un modelo estocástico:

$$N_{t+1} = \lambda(t) * N_t \quad (2)$$

Donde: $\lambda(t)$ es la variable aleatoria y N_t y N_{t+1} son tamaños poblacionales en un intervalo de tiempo.

Este modelo simple permitiría, a partir de los valores de λ obtenidos de la historia demográfica de la población, proyectar hacia el futuro la población. Dado que λ es una variable aleatoria, en cada intervalo de tiempo, es posible seleccionar al azar (muestreo simple aleatorio con reposición), un valor de los λ obtenidos, generando así una realización aleatoria de la dinámica poblacional en un horizonte temporal determinado. Al obtener muchas realizaciones (o simulaciones) de la dinámica

poblacional (por ejemplo, $n = 100$), podemos calcular en forma muy simple la probabilidad de extinción $P(E)$ de la población con la siguiente expresión: $P(E) = n^{\circ}$ de veces en que $N = 0$ / n° total de realizaciones. A continuación, se presenta un ejemplo de proyecciones poblacionales.

10 realizaciones

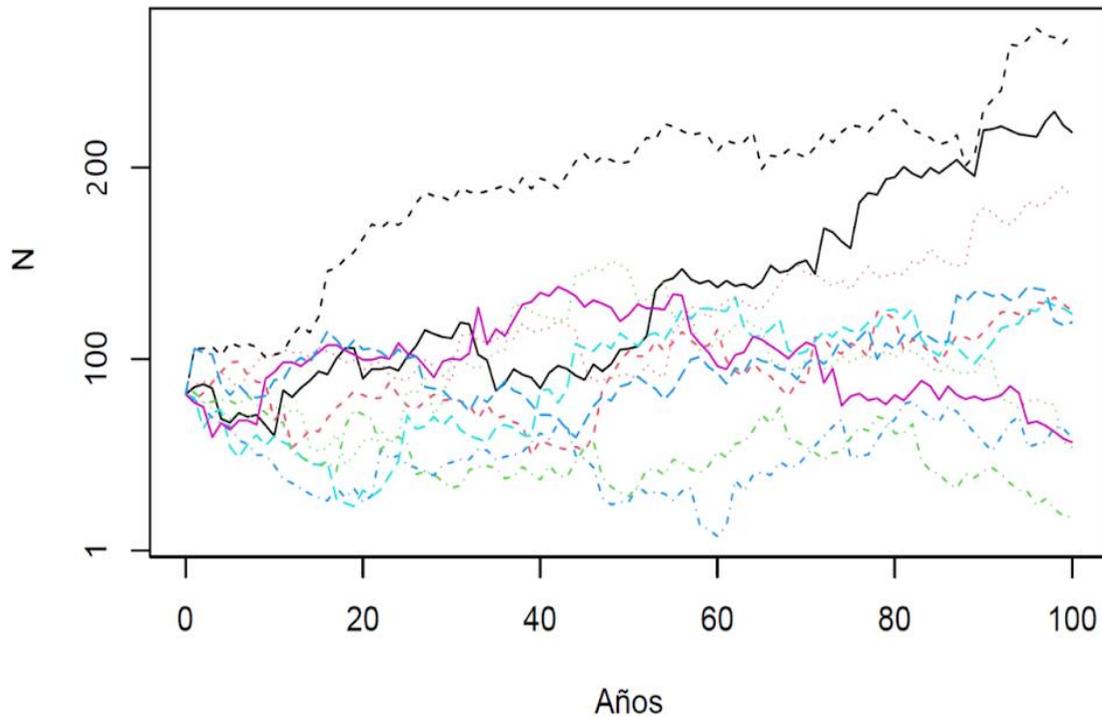


Figura 1 . Proyecciones poblacionales hasta 100 años del Gorrión cantor (*Melospiza melodia*) a partir de su historia demográfica.

En este punto con las proyecciones poblacionales, tenemos dos alternativas para estimar la viabilidad de la población:

- a) Construcción de las curvas de cuasi extinción.

Estas curvas fueron propuestas por Mace & Lande (1991), las cuales se construyen evaluando la probabilidad de extinción, considerando diferentes horizontes temporales. Estas probabilidades se van acumulando en los diferentes horizontes temporales, generando así una curva de extinción acumulada a lo largo del tiempo (véase Figura 2). Estas curvas han sido utilizadas para establecer los estados de conservación de una especie.

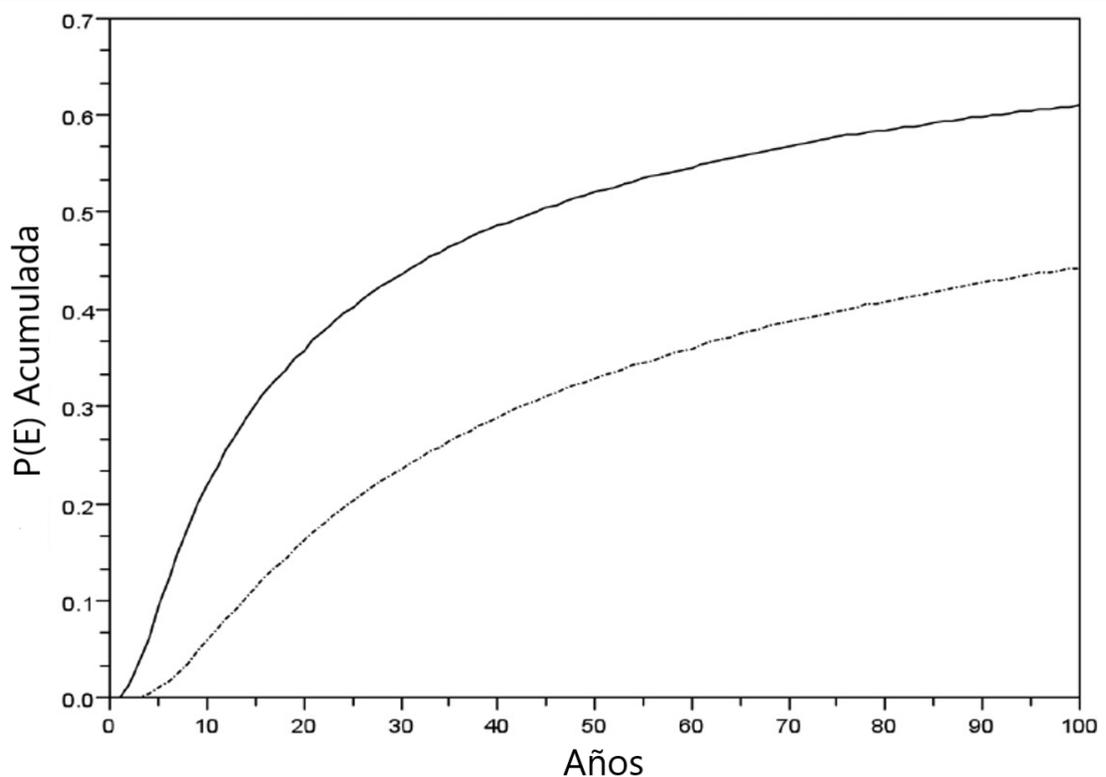


Figura 2 . Ejemplo de curvas de cuasi extinción para dos poblaciones de tortugas (*Clemmys guttata*) una al norte (inferior) y otra al sur (superior) del sitio de estudio. Para el año 20 la P(E) de la población norte es 0.2 y para la población sur es 0.4. (Enneron & Litzgus, 2009).

b) Determinación de la variabilidad en la probabilidad de extinción.

Realizando diferentes simulaciones se puede construir las $P(E)$ de una población (como se indicó anteriormente), donde este estimador va a cambiar en cada simulación, y se puede considerar como una variable aleatoria, si corresponde a una variable aleatoria, entonces se puede construir un histograma que representa su distribución de probabilidades. Entonces, se puede estimar sus valores medios y su intervalo de confianza (al 95%), en adición podemos hacer pruebas de hipótesis, utilizando pruebas estadísticas no paramétricas, al comparar las distribuciones de probabilidades entre las poblaciones.

Escenario de Conservación en Chile

En Chile el aumento de las actividades humanas ha modificado las condiciones y recursos de diferentes ecosistemas, poniendo en peligro el futuro de muchas especies nativas (Ceballos & Ortega-Baes, 2011). Los efectos de estas actividades se han visto reflejados en la pérdida, degradación y fragmentación de ambientes naturales que han llevado a una pérdida significativa de la biodiversidad (Maxwell et al. 2016). Así para el año 2016 un 71% de las especies evaluadas están en alguna categoría de amenaza, es decir se encuentran en las categorías de “En peligro crítico”, “En peligro” o “Vulnerable” (Ceballos & Ortega-Baes, 2011).

Una de las especies más amenazadas en nuestro país es el picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), especie endémica de Chile y una de las más pequeñas del mundo (Del Hoyo et al. 1999). Su distribución original abarcaba diferentes valles del norte de Chile en la Región de Arica y Parinacota. Sin embargo, en las últimas décadas pasó

de ser el picaflor más abundante de la zona norte, a ser el más escaso, reduciendo su población aproximadamente en un 70% en 15 años (Aves Chile 2017). Ha sido declarado oficialmente en peligro crítico de extinción por la International Union for Conservation of Nature (IUCN) en el año 2020.

Los registros actuales del picaflor se concentran a lo largo del valle de Vitor, valle de Camarones y algunos individuos en el valle de Azapa, y la especie ya ha sido declarada extinta en el sur de Perú (Cruz. 2006)(Véase Figura 3). Actualmente tampoco se han registrado poblaciones en la ciudad de Arica, en los valles de Codpa, Camiña y Lluta (Aves Chile 2019), donde antiguamente había registros de poblaciones estables.

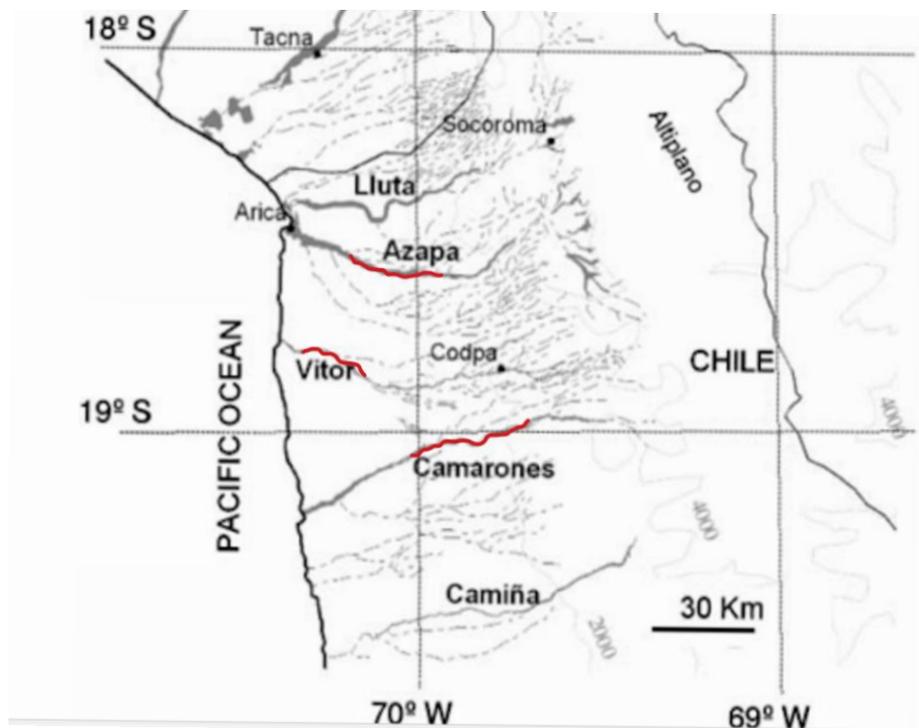


Figura 3 . Mapa de la región de Arica y Parinacota, marcado con rojo los valles de Azapa, Vítor y Camarones, en donde existen registros del Picaflor de Arica.

El Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) es un ave que mide entre 7 a 7.5 centímetros de largo en las hembras y entre 8 a 9 centímetros los machos, su peso está cerca de 2 a 3 gramos en promedio (Aves Chile 2017), siendo así el ave más pequeña de nuestro país.

Posee un sistema de apareamiento llamado “lek disperso” (Lazzoni et al. 2015), en el cual los machos se agrupan en áreas establecidas (leks), donde cada uno defiende un pequeño territorio, en el cual realizan despliegues y vocalizaciones, con la finalidad de atraer a las hembras, así ellas seleccionan al macho con el cual aparearse, para luego ir a las zonas de nidificación y construir sus nidos.

Tienen un largo periodo de crianza, donde entre 16-18 días corresponden a la incubación de los huevos y otros 30 días aproximadamente de estadía de los polluelos en el nido (Estades et al. 2019); de esta forma son aproximadamente 50 días de periodo de reproducción en total, el cual es un periodo muy largo para el común de las especies de picaflores (Estades et al. 2019).

Esto ocasiona que la especie sólo alcance a tener una nidada en la temporada reproductiva, compuesta por 2 pequeños huevos, lo que es un rasgo compartido entre las diferentes especies de picaflores. El cuidado de los polluelos es

uniparental, ya que solamente las hembras se encargan de construir los nidos y criar su descendencia (Aves Chile 2017).

El sistema reproductivo de tipo lek disperso presenta muy poca flexibilidad de los machos ante los posibles deterioros del hábitat. Las áreas de agregación (leks) son mantenidas en el tiempo y usadas por varias generaciones, lo que resulta un gran desafío para la conservación de la especie, ya que el picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) abandona estos sitios ante perturbaciones y no son utilizados nuevamente (Alonso et al. 2000, Morales et al. 2000).

La especie presenta un notorio dimorfismo sexual, donde los machos resultan ser los más llamativos, poseen la cabeza y el dorso verde oliva metálico, las partes inferiores son blanquecinas en general, con una llamativa coloración púrpura iridiscente con tonos azules en la garganta. Las hembras en tanto poseen el dorso verde oliva claro, las partes inferiores son de un blanco más intenso y sin la coloración púrpura iridiscente en la garganta que poseen los machos (Jaramillo et al. 2003).

El principal componente de la dieta del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) es el néctar de las flores, una de las más importantes en su alimentación es la flor del Chañar (*Geoffroea decorticans*), las que suelen estar asociados a los territorios de los machos durante la época reproductiva (Aves Chile. 2017). Otras especies que sirven de alimento para el picaflor de Arica son el chingoyo (*Pluchea chingoyo*), el algarrobo (*Prosopis alba*), el naranjo (*Citrus sinensis*), el granado (*Punica*

granatum), el tomatillo (*Lycopersicon chilense*) y diferentes especies de hortalizas que poseen flores con corola pequeña; complementa su dieta con pequeños arácnidos e insectos (Estades et al. 2007).

El pequeño tamaño poblacional actual de la especie genera un alto nivel de endogamia, con una muy baja diversidad genética (Van Dongen et al. 2012). Es decir, *E. yarrellii* tendría una muy reducida capacidad adaptativa frente a diferentes cambios ambientales, y que, ante un evento de tipo catastrófico y al no tener una mayor variabilidad genética para enfrentar nuevas condiciones, la especie podría llegar a extinguirse (Lühr. 2011).

En general, la gran mayoría de las especies están amenazadas por más de una causa, resultando difícil poder separar los efectos de las diferentes amenazas (Gurevitch y Padilla. 2004). En el caso de *E. yarrellii*, el notorio descenso de sus poblaciones se ha atribuido a un conjunto de diferentes factores, entre ellos destaca la degradación de su hábitat natural, debido a que gran parte de los valles han sido modificados para ser destinadas a áreas agrícolas (Birdlife International. 2000), deforestando así varias hectáreas originalmente cubiertas por chañar (*Geoffroea decorticans*); lo cual ha provocado una enorme pérdida del hábitat natural de esta especie en casi la totalidad de su distribución natural (Herrerros de Lartundo et al. 2013).

Otro problema es el uso indiscriminado de pesticidas en la agricultura, lo cual afecta negativamente a *E. yarrellii*, debido a la alta interacción que tiene con

especies agrícolas contaminadas y al ser un ave de pequeñas dimensiones resulta aún más nocivo el uso de pesticidas (Estades et al. 2007). A esto se suma que el estado de Chile ha llevado a cabo durante décadas un programa de erradicación de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) que, en el pasado, incluso incluía grandes fumigaciones aéreas con potentes insecticidas (Olalquiaga y Lobos 1993), que pudieron afectar a la especie.

El tercer factor perjudicial para la especie es la posible competencia con el Picaflor de Cora (*Thaumastura cora*), especie que llegó a la zona de forma natural en los años 70 desde el sur de Perú (Lavercombe y Hill. 1972). Esta especie posee un nicho ecológico similar al picaflor de Arica y con una mayor capacidad adaptativa ante los cambios ambientales (Urrea Pérez, 2018). Actualmente el picaflor de Cora es muy común en el valle de Azapa, incluso superando en número a los picaflores chilenos de la zona.

OBJETIVOS

En este seminario de título examinaremos si las poblaciones de *E. yarrellii* aún existentes en los valles de Azapa, Camarones y Vítor son demográficamente viables. Utilizaremos los registros poblacionales que se han realizado entre los años 2003 al 2021, y usaremos el marco teórico que ofrece la estocasticidad ambiental, para estimar las probabilidades de extinción $P(E)$ de esta especie en las tres localidades mencionadas.

Objetivo General:

- Determinar el estado de conservación del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en los valles de Azapa, Camarones y Vítor.

Objetivos Específicos:

- Comparar la variabilidad de la probabilidad de extinción $P(E)$ en tres poblaciones de picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*).
- Evaluar el estado de conservación del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), utilizando las curvas de cuasi extinción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio corresponde a 3 valles de la región de Arica y Parinacota, los cuales son los valles de Azapa (18°32'S, 70°10'O), Vítor (18°49'S, 70°08'O) y Camarones (19°01'S, 69°52'O), seleccionados por ser los valles que poseen conteos anuales de picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) desde el 2003 en el caso de Azapa y Vítor y desde el 2008 en Camarones. Se usaron los datos de conteo hasta el año 2021 en cada uno de los valles.

Obtención de datos

Los datos de conteos del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) se obtuvieron de los informes de estimación del picaflor de Arica, confeccionado por Aves Chile y el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) con el apoyo de diferentes universidades y

ONG. Estos conteos fueron realizados desde el 2003 hasta el 2021 y su metodología general se estableció en el año 2003, la cual es aplicada regularmente y de forma anual desde octubre del 2006 (Estades et al. 2007).

Análisis de datos

Utilizando el modelo estocástico de crecimiento poblacional (ecuación 2), y considerando las tasas de crecimientos obtenidas entre los años 2003 y 2021, se simularon las dinámicas poblacionales en diferentes horizontes temporales (20, 40, 60, 80 y 100 años) y se construyeron las curvas de cuasi extinción en cada uno de los valles. Estas curvas fueron comparadas con las curvas de cuasi extinción propuestas por Mace y Lande (1991) (véase figura 4).

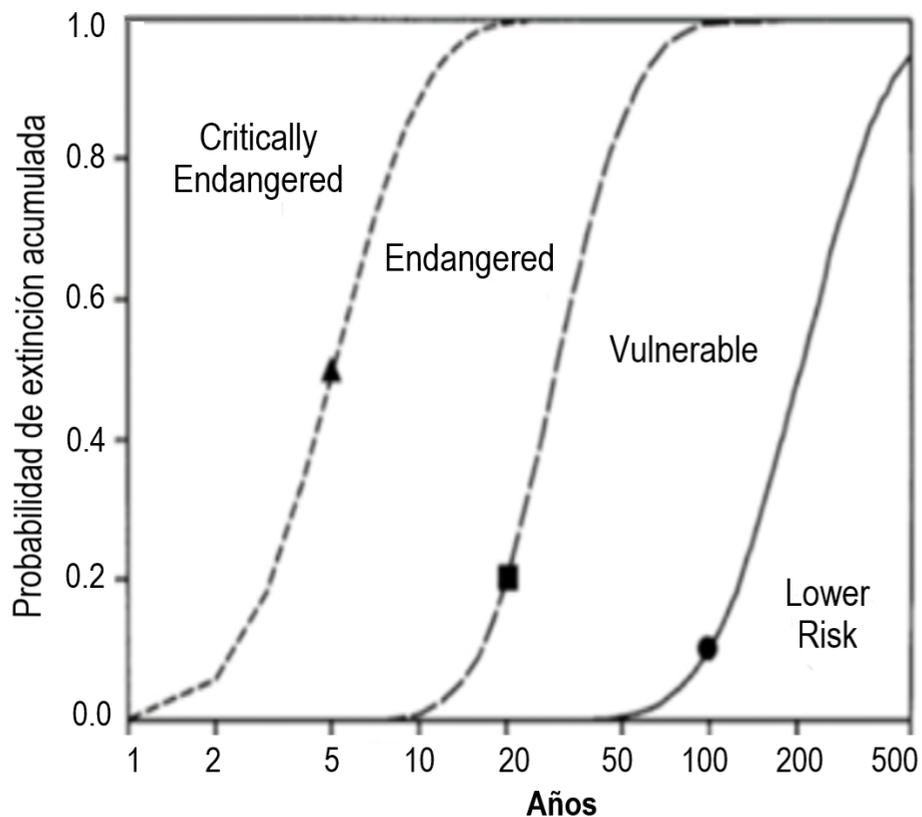


Figura 4 . Esquema propuesto por Mace y Lande (1991) para determinar el estado de conservación de poblaciones, mediante las curvas de cuasi extinción.

Para conocer la variabilidad en la $P(E)$, la proyección de las dinámicas poblacionales se repitió 100 veces hasta un horizonte temporal de 100 años, obteniendo así una muestra de 100 valores diferentes de $P(E)$. Esa muestra, se utilizó para comparar la distribución de frecuencia de las $P(E)$ entre las tres poblaciones. Para una mayor claridad, se realizaron procedimientos Bootstrap a partir de los 100 valores de $P(E)$ obtenidos; se realizaron 150.000 remuestreos aleatorios simples con reposición, para cada una de las tres poblaciones de estudio. Finalmente, se realizó un ANOVA de una vía para evaluar si existen diferencias en la $P(E)$ entre las tres poblaciones.

Como se muestra en la Figura 4, Mace y Lande establecieron categorías de conservación con las curvas de cuasi extinción; mientras más pronto llegue la curva a una $P(E) = 1$, más problemas de conservación tendría la población.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los histogramas de λ en cada uno de los valles.

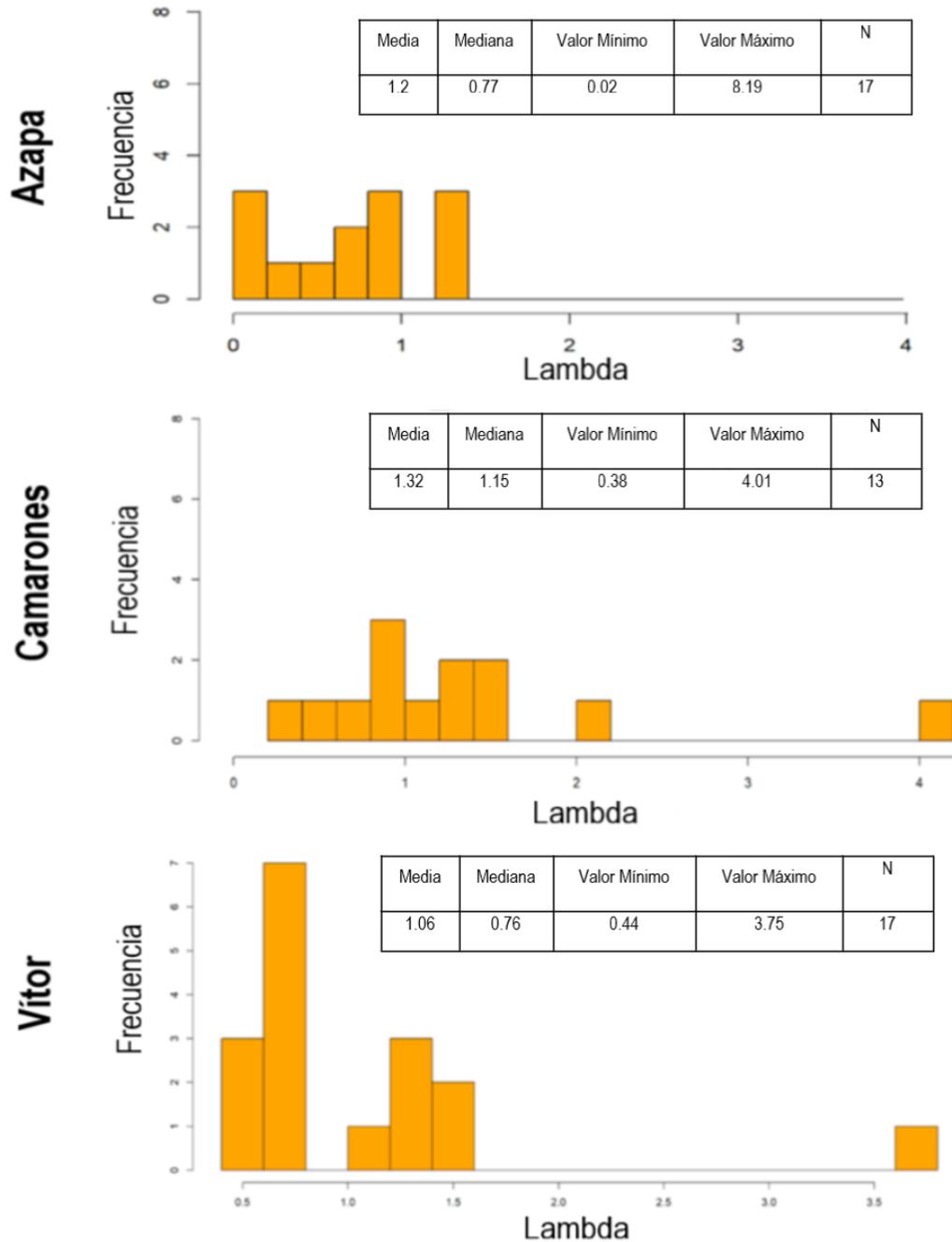


Figura 5 . Histogramas de frecuencia de λ del Picaflor de Arica en cada valle.

En las tres poblaciones existe una gran variación en los valores de λ , siendo Azapa la población que expresó la mayor variación en este parámetro. Si bien en las tres poblaciones la media de λ es mayor a 1, la variabilidad observada sugiere que la estocasticidad ambiental ha sido importante para esta especie.

A continuación, se presentan las curvas de cuasi extinción para cada valle y su respectiva comparación con el esquema de Mace & Lande (1991).

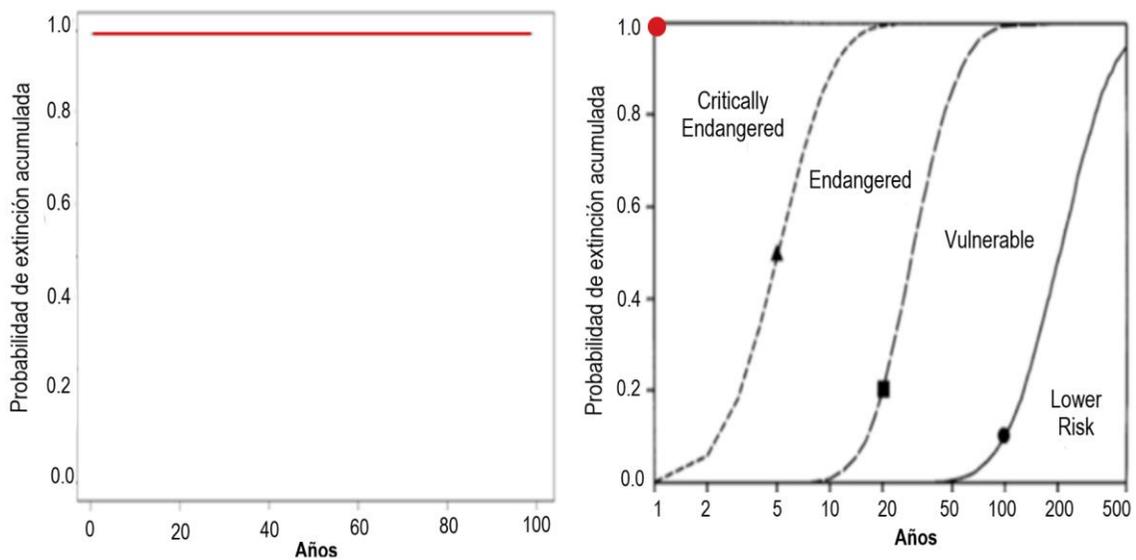


Figura 6 . Curva de Cuasi extinción del Picaflor de Arica en el valle de Azapa y su comparativa con el esquema de Mace & Lande (1991), la curva se marca con un punto rojo.

La curva de cuasi extinción en el valle de Azapa muestra que apenas comienza la simulación, la $P(E)$ llegó a un valor de 1, es decir la población al primer año de

simulación se extinguiría, ya que de acuerdo con la propuesta de Mace & Lande (1991), estaría en la categoría de críticamente en peligro.

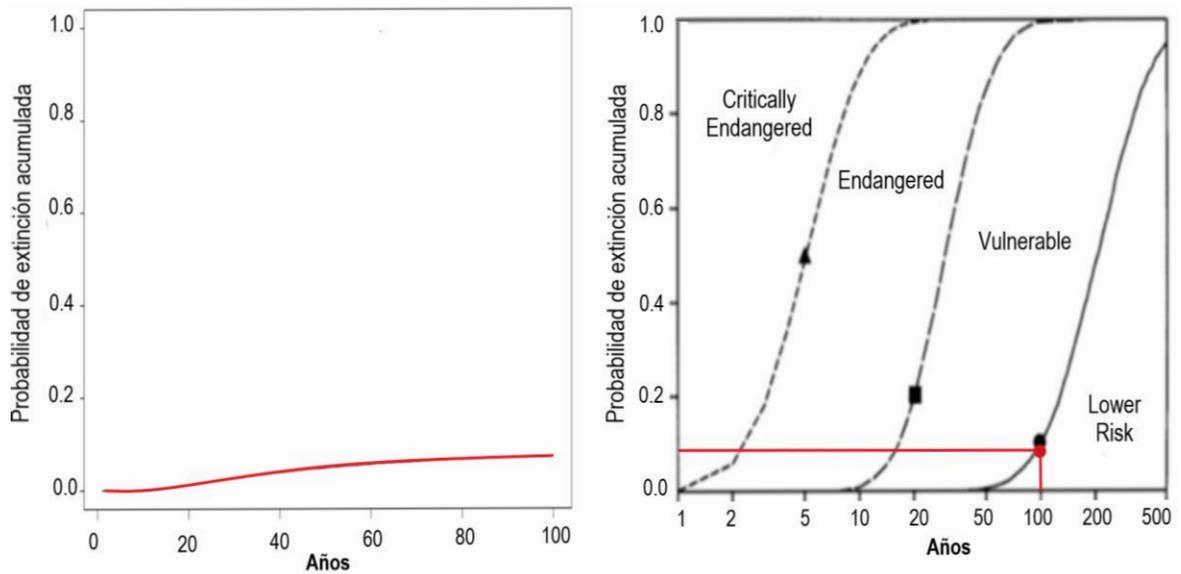


Figura 7 . Curva de Cuasi extinción del Picaflor de Arica en el valle de Camarones y su comparativa con el esquema de Mace & Lande (1991), marcado con un punto rojo.

La curva de cuasi extinción en el valle de Camarones no alcanzó valores mayores a 0.1 de P(E) acumulada, de acuerdo con el esquema propuesto por Mace & Lande (1991), la categoría de esta población estaría entre bajo riesgo y vulnerable. (véase Figura 7).

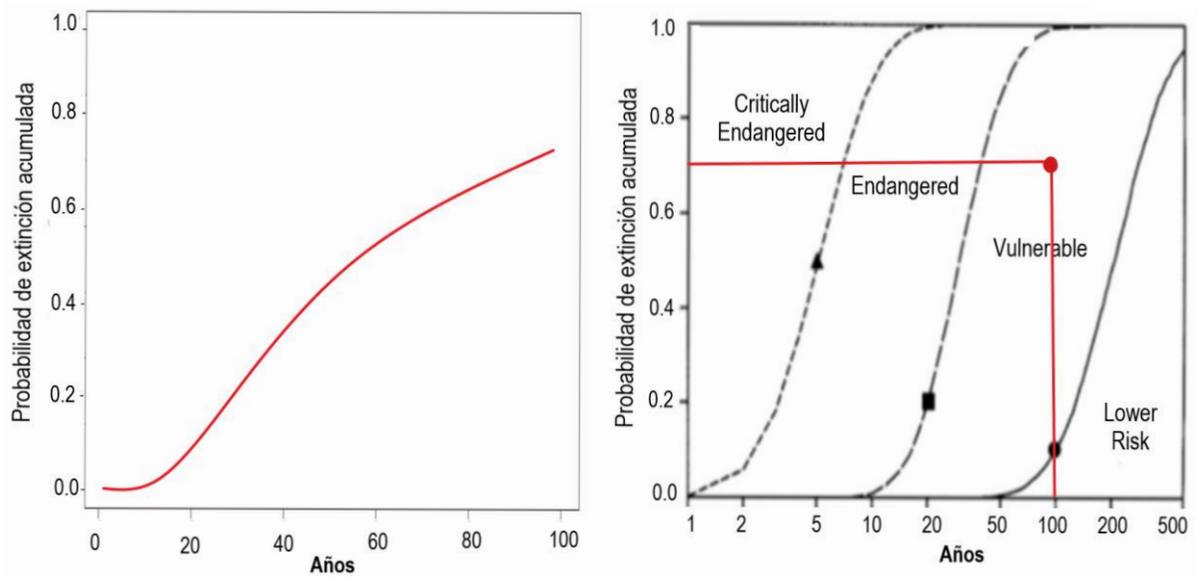


Figura 8 . Curva de Cuasi extinción Picaflor de Arica en el valle de Vítor y su comparativa con el esquema de Mace & Lande (1991), marcado con un punto rojo.

La curva de cuasi extinción en el valle de Vítor no alcanzó valores de $P(E)$ acumulada mayores que 0.7, de acuerdo al esquema propuesto por Mace & Lande (1991) sugiere que su categoría es vulnerable.

Probabilidad de Extinción

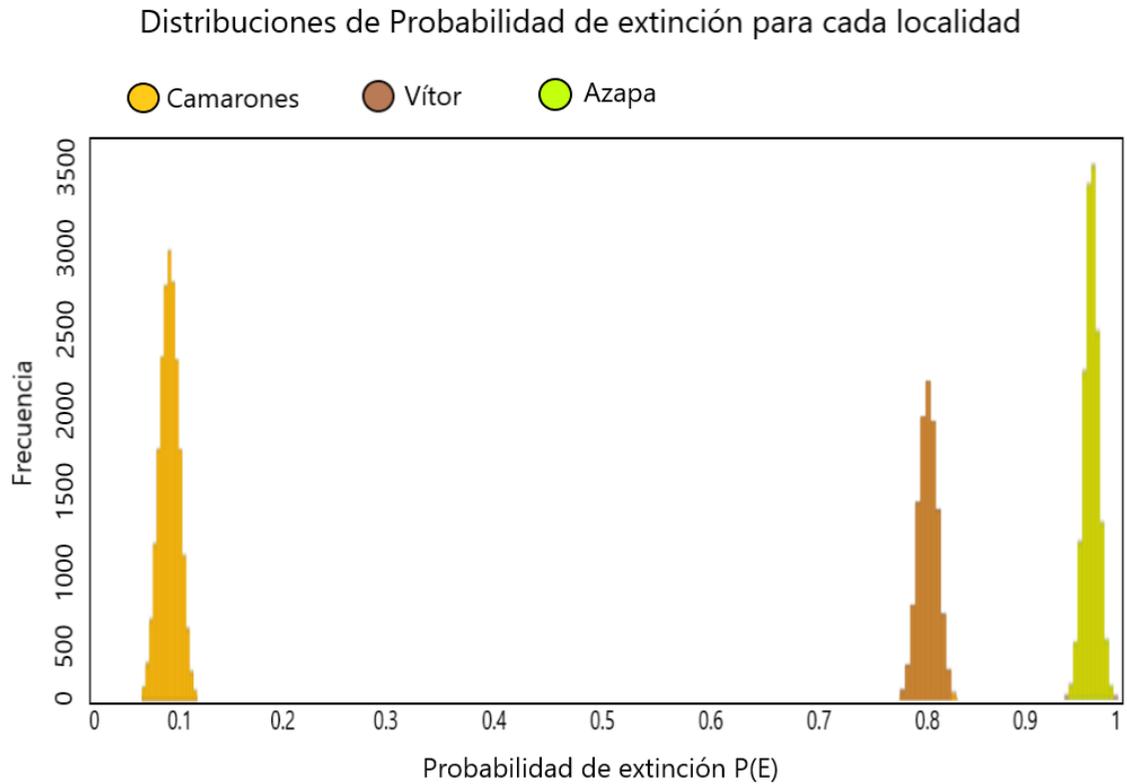


Figura 9 . Distribuciones de las $P(E)$ para cada localidad: Azapa, Camarones y Vítor, región de Arica y Parinacota, Chile. Obtenidas a partir de 100 valores iniciales de $P(E)$ utilizando un remuestreo ($n = 150.000$) tipo Bootstrap.

El valle de Azapa presenta la mayor probabilidad de extinción $P(E)$, con una mediana = 0.997; el valle de Camarones en tanto presenta una $P(E)$ baja con una mediana de probabilidad de extinción $P(E) = 0.09$. El valle de Vítor presenta una alta probabilidad de extinción $P(E)$, pero intermedia entre Azapa y Vitor. Mediana con un valor de 0.81.

En las tres poblaciones se observa que las $P(E)$ tienen muy poca variación en torno a la mediana, lo cual denota diferencias muy grandes entre las poblaciones (véase Figura 10).

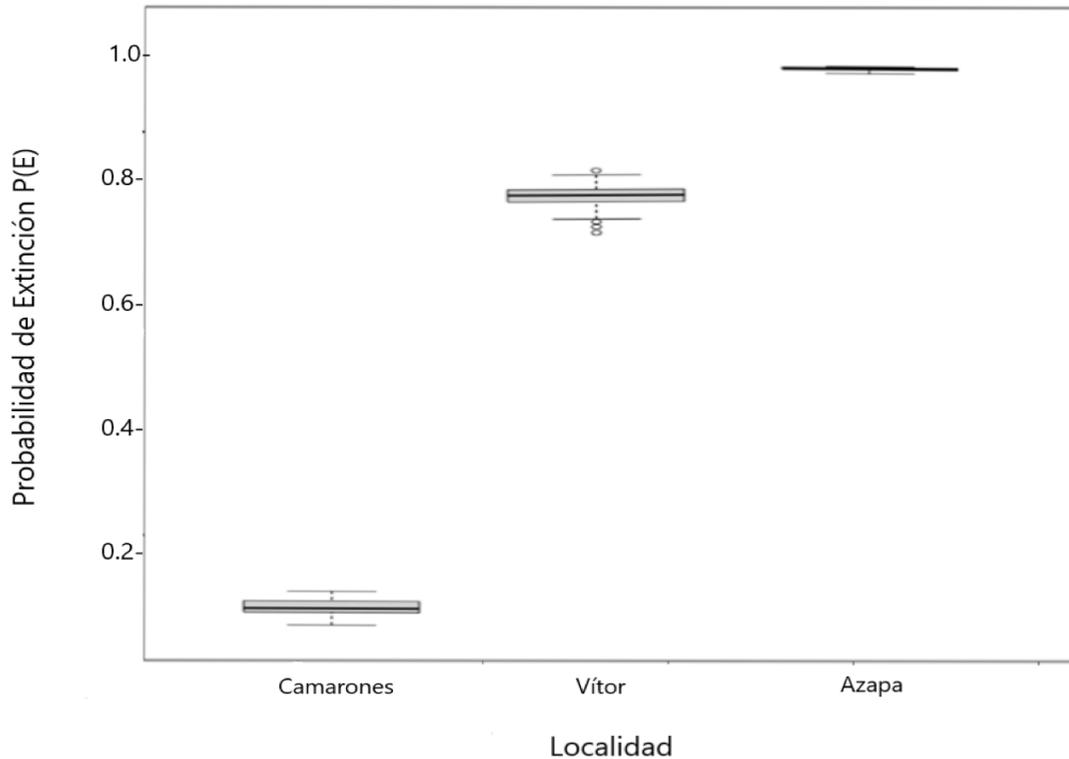


Figura 10 : Boxplot de las probabilidades de extinción $P(E)$ para los 3 valles.

Finalmente, se realizó una prueba de ANOVA de una vía, obteniendo P-valor igual a 0.0001 con p-valor de significancia igual a 0.05. Entonces, rechazamos la hipótesis nula y nos quedamos con la hipótesis alternativa. Es decir, existen al menos dos medias grupales que presentan diferencias significativas entre ellas.

En adición se realizó un test de Tukey, con la finalidad de ver cuales pares de medias poseen diferencias significativas, determinando que hay diferencias significativas en los 3 pares de medias.

DISCUSIÓN

En el presente seminario de título se analizó la viabilidad poblacional del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en tres localidades: valles de Azapa, Camarones y Vitor. Se utilizaron dos aproximaciones: (i) curvas de cuasi extinción y (ii) la distribución de probabilidades de la probabilidad de extinción $P(E)$. Ambas metodologías entregaron resultados muy similares respecto de la viabilidad de las tres poblaciones en los valles estudiados.

Valle de Azapa

La población del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en el valle de Azapa, es la que presenta más problemas de conservación y quedó justamente en la categoría de Críticamente en Peligro. Nuestro resultado concuerda con otros estudios (Aves de Chile. 2019), los cuales indican que la especie puede haber desaparecido en este valle, ya que la última vez que se registraron machos fue el año 2016. Otras evidencias indican que las últimas hembras encontradas el año 2018 se aparearon con machos del picaflor de Cora (*Thaumastura cora*), y que los juveniles

observados ese mismo año presentaban vocalizaciones imperfectas, como ya ha sido documentado por Van Dongen et al. (2013).

En el futuro cercano, se espera que no cambien e incluso se intensifiquen los factores que habrían contribuido a perjudicar la viabilidad del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*). De hecho, se ha producido la pérdida de muchas hectáreas de árboles frutales, que son cruciales para su alimentación, la construcción de sus nidos y zonas de apareamiento; además se registra un notorio aumento del uso de las mallas antiáfidos en muchos de los cultivos en este valle en los últimos años, lo cual implica que esa especie no tenga acceso a flores para obtener su alimento (Estades et al. 2007).

Valle de Camarones

La población del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en el valle de Camarones, es la que tiene menos problemas de conservación. De hecho, el valle de Camarones resultó ser el único de los 3 valles que presenta un aumento de individuos en el periodo 2008-2021, quedando entre la categoría de Bajo riesgo y Vulnerable. Nuestro resultado va en concordancia con lo establecido por Aves Chile (2019), ya que ellos consideran a este valle como el de mayor importancia para la conservación de la especie, basados en que posee las agrupaciones reproductivas (leks de machos y grupos de nidificación), más grandes de la especie, resultando ser el valle con menor grado de intervención agrícola y en el cuál no se ha registrado aún la presencia del picaflor de Cora (*Thaumastura cora*).

La situación poblacional en el valle de Camarones otorga una esperanza para la especie, ya que podría llegar a ser una población fuente para intentar en un futuro repoblar los demás valles de la región de Arica.

Valle de Vítor

La población del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en el valle de Vítor, es la que tiene problemas intermedios; sin embargo, queda en la categoría de Vulnerable, lo cual requerirá disponer de estudios más detallados como, por ejemplo, evaluar conductas reproductivas, número de polluelos producidos, disponibilidad de recursos, entre otras. Nuestro resultado sigue la misma línea de los estudios de Aves Chile para el año 2019, los cuales indican que la pérdida de hábitat en este valle se está acelerando debido al mayor nivel de intensificación de la agricultura, y a la gran pérdida de vegetación riparia debido a la habilitación irregular de terrenos de cultivo, sumado a las mallas antiáfidos, que están comenzando a dominar el terreno, tal como en ocurre en el valle de Azapa (Estades et al. 2019).

En este valle se están llevando a cabo grandes esfuerzos de conservación para la especie, mediante la presencia de una red de micro reservas, pero no se han tenido registros importantes de la especie desde su creación, donde Estades 2019 señaló que más del 90% de la población del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) habita en terrenos privados asociados a las actividades agrícolas y su hábitat natural ya no existe.

En ecología, los análisis de viabilidad poblacional son comúnmente utilizados para estimar la probabilidad de extinción de especies (Book et al. 2000), la gran mayoría de estos estudios se focalizan en una única población de la especie de interés, o unifican las poblaciones existentes, teniendo finalmente la probabilidad de extinción de la especie en general, no así la probabilidad de extinción de las diferentes poblaciones de la especie. Esta situación puede ser explicada por la ausencia de datos en cada población, como también la estructura de la población, donde no es posible establecer un límite entre ellas. En este trabajo, al tener 3 poblaciones bien marcadas y separadas por condiciones ambientales, como lo es la zona desértica que impide la migración de la especie a otra población (Aves Chile. 2019), logramos obtener variabilidad en las probabilidades de extinción, lo cual sugiere diferentes estrategias para su conservación en cada valle.

Para llevar a cabo este tipo de estudios, resulta fundamental tener un buen registro de la dinámica poblacional de la especie de interés (Mace & Lande. 1991). Desgraciadamente, son pocas las especies que tienen registros de su historia demográfica durante una buena cantidad de tiempo; existen casos de estudios relevantes, como lo son el Oso Grizzly (*Ursus arctos horribilis*) (Shaffer. 1983), la pantera de Florida (*Puma concolor coryi*) (CBSG. 1989) y el búho manchado (*Strix occidentalis*) (Gutiérrez & Carey. 1985), los cuales han sido importantes ejemplos para proseguir con este tipo de estudios.

Un aspecto novedoso de este trabajo es considerar que la P(E) puede ser tratada como variable aleatoria la cual puede ser analizada usando procedimientos

estadísticos no paramétricos como por ejemplo los procedimientos de remuestreo tipo Bootstrap (Ledesma, 2008) y utilizar esta nueva información para realizar comparaciones estadísticas entre poblaciones o especies.

De acuerdo con nuestros resultados, el futuro de la especie es incierto y de mal pronóstico, por lo que para conservar las poblaciones es fundamental en primer lugar; seguir realizando las estimaciones poblacionales, incorporando nuevos valles o quebradas aledañas a las zonas estudiadas, ampliar la red de micro reservas, enfocado principalmente en el valle de Camarones, ya que tal vez sería más productivo que enfocar los recursos en los otros dos valles.

En el valle de Vítor se deben tomar medidas a corto plazo, ya sea limitando el uso de pesticidas, protegiendo las zonas de reproducción (leks) establecidos, eliminar o reducir el uso de las mallas antiáfidos.

En cuanto a otras medidas de conservación más específicas, como repoblar un valle con ejemplares de otros valles, la crianza de picaflores en cautiverio y la remoción de picaflores competidores, resultan complejas y riesgosas de llevar a cabo. Dado que quedan pocos ejemplares, el solo hecho de capturar parejas y relocalizarlas puede conllevar diferentes efectos, posiblemente negativos. Estos efectos pueden implicar desde la no adaptación de los ejemplares hasta la pérdida de individuos en el proceso, lo cual, debido a los bajos números de su población, serían pérdidas importantes para el futuro de la especie. Las mismas consecuencias ocurrirían con la crianza en cautiverio,

ya que se sabe que el picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) es poco flexible para adaptarse y abandonar los sitios de reproducción establecidos (leks) (Aves Chile. 2017).

En el caso de la remoción de especies competidoras, no han sido exitosas las pruebas realizadas hasta el momento. Se tiene registro de ejemplares de picaflor de Cora (*Thaumastura cora*) que vuelven a las zonas donde fueron extraídos, incluso a 10 km de distancia (Lazzoni, 2015).

Sin embargo, dada la grave situación actual de la especie, no se debe descartar ninguna acción o plan de conservación a futuro. Tenemos el importante deber de conservar las únicas poblaciones existentes del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en nuestro planeta.

CONCLUSIONES

- La población del valle de Azapa es la menos viable de las tres analizadas. Este es el valle que tiene la mayor intervención humana, lo cual explica que esta población sea considerada en la categoría de críticamente en peligro.
- La población del valle de Camarones es la más viable, dado que este valle es el que posee menor grado de intervención humana, lo cual explicaría que la población está entre la categoría de bajo riesgo y vulnerable.
- En el Valle de Vítor, la especie se encuentra en una situación intermedia con respecto a los otros valles; la población está en categoría de vulnerable.

- Los dos métodos utilizados para evaluar la viabilidad poblacional del Picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*), (i) curvas de cuasi extinción y (ii) distribución de probabilidades de P(E), entregaron resultados semejantes entre sí y concordantes con los antecedentes de la especie.

REFERENCIAS

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.

Aves Chile (2017). Estimación poblacional del Picaflor de Arica. Informe no publicado. Ministerio del Medio Ambiente.

Aves Chile (2019). Estimación poblacional del Picaflor de Arica temporada 2018, 2019, 2020 y simulación de lek de machos. Informe no publicado. Ministerio del Medio Ambiente.

Benavides Ortiz, E. (1996). Diseño de planes racionales de control de parásitos internos de los rumiantes con base en los resultados de investigaciones sobre su dinámica poblacional. Compendio-Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Colombia).

BirdLife International (2000). *Threatened birds of the world*. Barcelona and Cambridge, U.K.: Lynx Edicions and BirdLife International.

Brook, B.W., J. J. O'Grady, A. P. Chapman, M. A. Burgman, H. R. Akçakaya, y R.

Frankham. 2000. Predictive accuracy of population viability analysis in conservation biology. *Nature* 404:385-387.

CBSG. 1989. *Florida panther: population viability analysis*. IUCN/SSC/CBSG: Apple Valley, Minneapolis, Minnesota.

Ceballos, G. & Ortega-Baes, P. (2011). La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el Neotrópico. In: Simonetti J y Dirzo R (eds.) *Conservación biológica: perspectivas de Latinoamérica*. Editorial Universitaria. Chile, pp. 95-108.

Cruz, A. D. (2006). Rango de Ocurrencia y Abundancia del “Picaflor de Tacna” (*Eulidia yarrellii*) en el Sur del Perú. Report. Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Moquegua-Tacna, Tacna.

Enneson, J. J., & Litzgus, J. D. (2009). Stochastic and spatially explicit population viability analyses for an endangered freshwater turtle, *Clemmys guttata*. *Canadian Journal of Zoology*, 87(12), 1241-1254.

Estades, C.F., J. Aguirre, M.A.H. Escobar, J. Tomasevic, M.A. Vukasovic & C. Tala (2007). Conservation status of the Chilean Woodstar *Eulidia yarrellii*. *Bird Conservation International* 17: 163-175.

Estades, C.F., I. Lazzoni & J. Aguirre (2019). Nesting ecology of the endangered Chilean Woodstar (*Eulidia yarrellii*). *Ornitología Neotropical* 29: 11-18.

Estades, C., Andrade, M., Latorre, V., Vukasovic, M., & Serra, M. (2009). Elaboración de línea base, zonificación y guía de manejo de un predio fiscal, sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad en la Quebrada de Chaca, Región de Arica y Parinacota. Unión de Ornitólogos de Chile.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574.

Gilpin, M. E. (1986). Minimum viable populations: processes of species extinction. *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*, 19-34.

Gurevitch, J. & D.K Padilla (2004). Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology & Evolution* 19: 470-474.

Herreros De Lartundo, J., Tala, CH. & Estades, C. (2013). Picaflor de Arica, el ave más amenazada de Chile. Ministerio del Medio Ambiente. Arica, Chile. 84 pp.

IUCN (2010). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1. (www.iucnredlist.org).

Jaramillo, A., P. Burke & Beadle (2003). Field guide to the birds of Chile. C. Helm., London, UK.

Lavercombe, B.J. and Hill, C. H. (1972). Aves observadas en la provincia de Tarapacá incluyendo el hallazgo de dos especies y una subespecie nueva para Chile. *Boletín Ornitológico (Chile)* 4: 1-7.

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. Universidad de Chile.

Ledesma, R. (2008). Introducción al Bootstrap. Desarrollo de un ejemplo acompañado de software de aplicación. *Tutorials in quantitative methods for psychology*, 4(2), 51-60.

Lühr, D. 2011. Implementación de un programa de bebederos para la conservación del picaflor de Arica. Tesis para optar al grado de Biología mención en Medio

Ambiente. Universidad de Chile.

Mace, G. M., & Lande, R. (1991). Assessing extinction threats: toward a reevaluation of IUCN threatened species categories. *Conservation Biology*, 5(2), 148-157.

Maxwell S, Fuller RA, Brooks TM, Watson JEM. (2016). Biodiversity: the ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*, 536, 143-145. McGuire, J. A., C. C Witt, J. V. Remsen, R. Dudley & D. L. Altshuler 2009. A higher-level taxonomy for hummingbirds. *Journal of Ornithology* 150: 155-165.

Monroy-Ata, A., & Carlos, J. (2016). Sobre la naturaleza de la evolución: un modelo explicativo. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 19(2), 127-132.

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.

Olalquiaga, G. and Lobos, C. (1993). La mosca del Mediterráneo en Chile, introducción y erradicación. Santiago: Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero.

Pérez-García, J. N. (2020). Causas de la pérdida global de biodiversidad. *REVISTA DE LA ASOCIACION COLOMBIANA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS*, 1(32), 183-198. <https://doi.org/10.47499/revistaacbv1i32.219>.

R.J. Gutiérrez, and A. B. Carey, editors. 1985. Ecology and management of the Spotted Owl in the Pacific Northwest. *General Technical Report PNW-185*, USDA Forest Service, Pacific Northwest Station, Portland, Oregon.

Rodríguez, J. P., D.A. Keith, K.M. Rodríguez-Clark, N.J. Murray, E. Nicholson, T.J. Regan, R.M. Miller, E.G. Barrow, L.M. Bland, K. Boe, T.M. Brooks, M.A. Oliveira-Miranda, M. Spalding & P. Wit. 2015. A practical guide to the application of the

IUCN Red List of Ecosystems criteria. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 370: 20140003.

Rodríguez Sousa, A. A. (2018). Ciencia y divulgación sobre la sexta extinción masiva de biodiversidad, ¿es realmente el cambio climático el principal responsable? *La comunicación de la mitigación y la adaptación al Cambio Climático*.

Shaffer, M. L. (1983). Determining minimum viable population sizes for the grizzly bear. *Bears: Their Biology and Management*, 133-139.

Urra Pérez, C. (2018). Modelos de distribución de la especie *Eulidia yarrellii* en relación con su competidor (*Thaumastura cora*), región de Arica y Parinacota. Tesis para optar al grado de Biología mención en Medio Ambiente. Universidad de Chile.

Vanbergen, A. J., Aizen, M. A., Cordeau, S., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Kovács-Hostyánszki, A., ... & Young, J. C. (2020). Transformation of agricultural landscapes in the Anthropocene: Nature's contributions to people, agriculture and food security. In *Advances in Ecological Research* 63; pp. 193-253.

Van Dongen, W.F.D., R.A Vásquez & H. Winkler (2012). The use of microsatellite loci for accurate hybrid detection in a recent contact zone between an endangered and a recently-arrived hummingbird. *Journal of Ornithology* 153: 585-592.

ANEXOS

Dinámica Poblacional Picaflor de Arica en Azapa

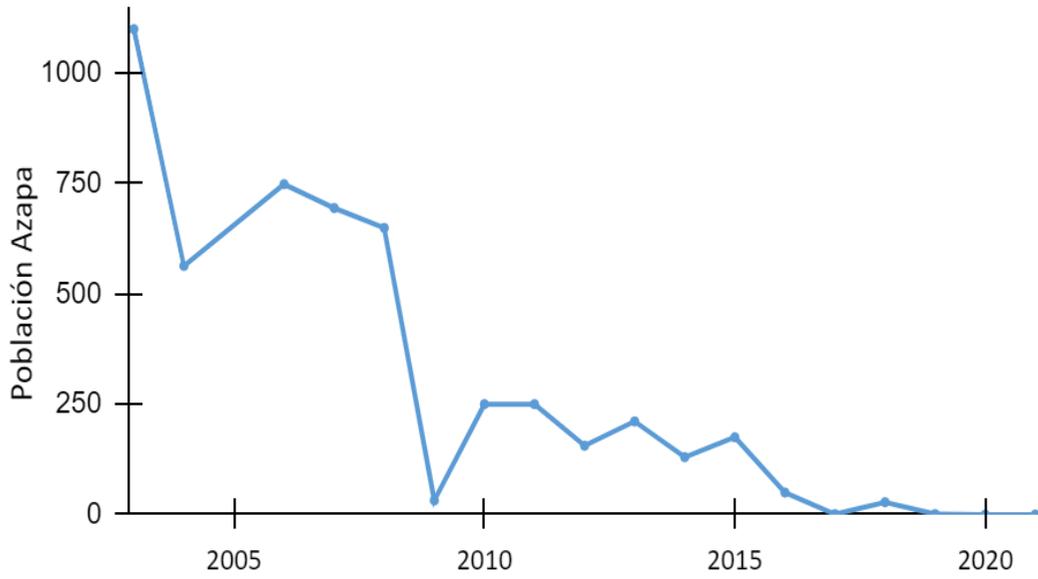


Figura Anexo 1: Dinámica poblacional Picaflor de Arica en el valle de Azapa.

Dinámica Poblacional Picaflor de Arica en Camarones

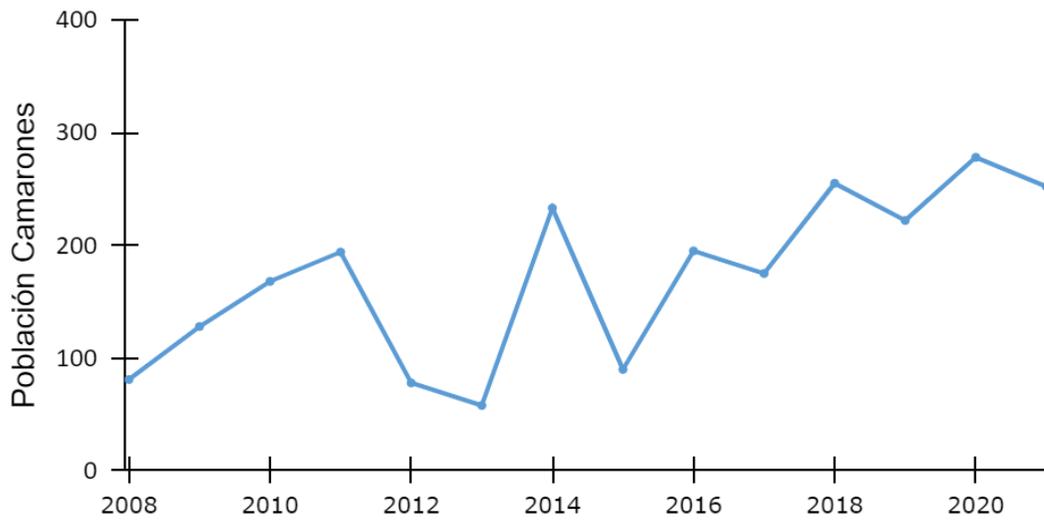


Figura Anexo 2: Dinámica poblacional Picaflor de Arica en el valle de Camarones.

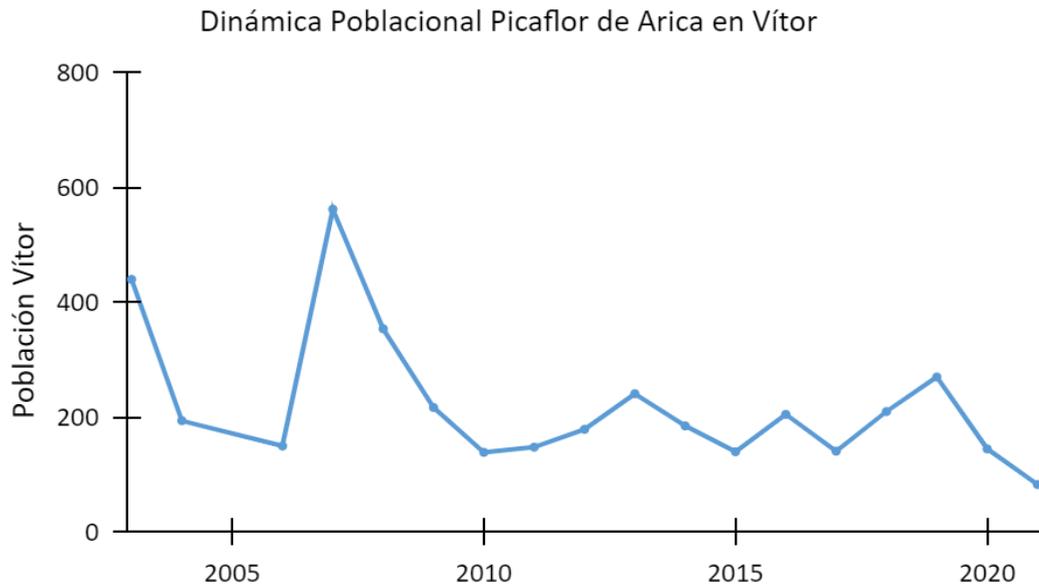


Figura Anexo 3: Dinámica poblacional Picaflor de Arica en el valle de Vítor.

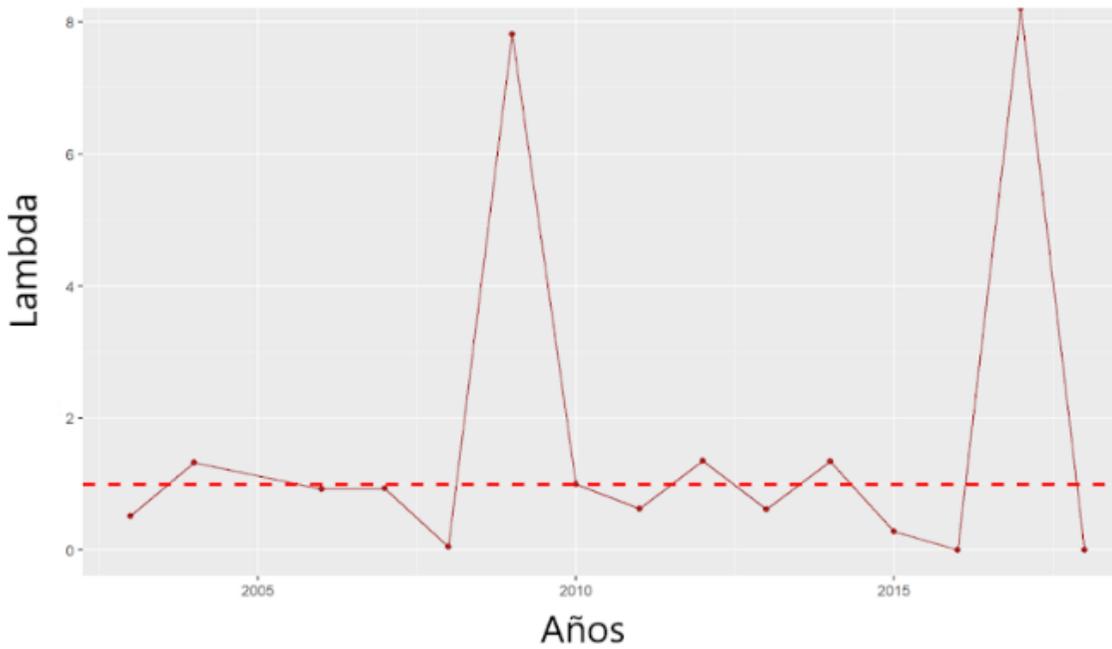


Figura Anexo 4: Tasa de crecimiento poblacional (λ) del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en Azapa, desde el año 2003 al 2021.

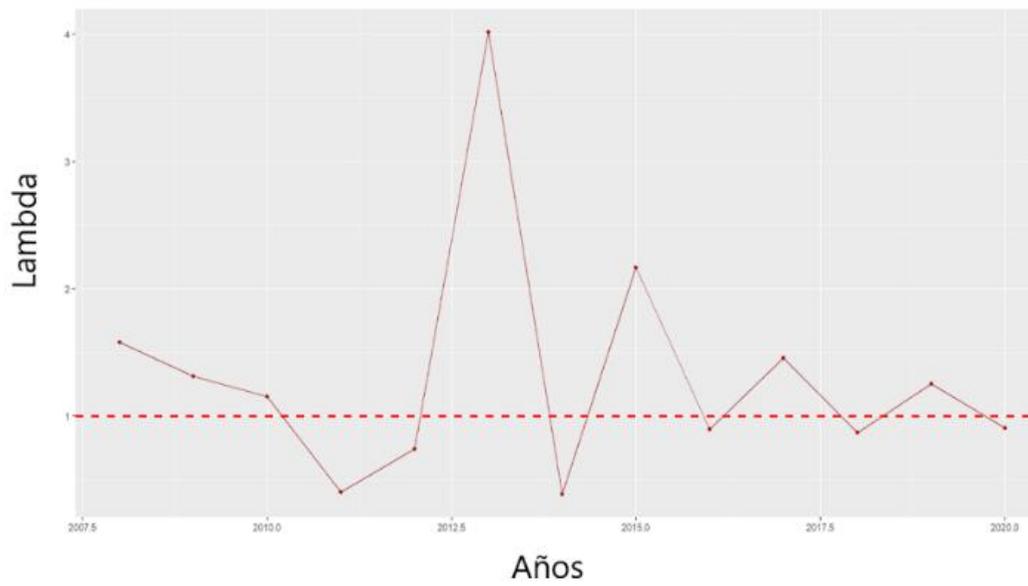


Figura Anexo 5: Tasa de crecimiento poblacional (λ) del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en Camarones, desde el año 2008 al 2021.

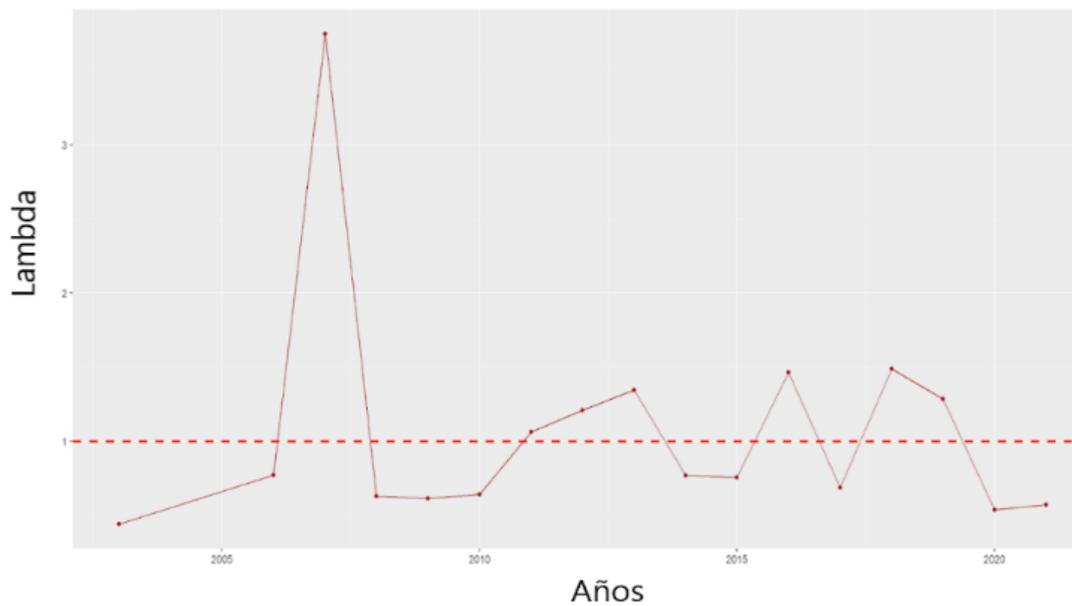


Figura Anexo 6: Tasa de crecimiento poblacional (λ) del picaflor de Arica (*Eulidia yarrellii*) en Vitor, desde el año 2003 al 2021.

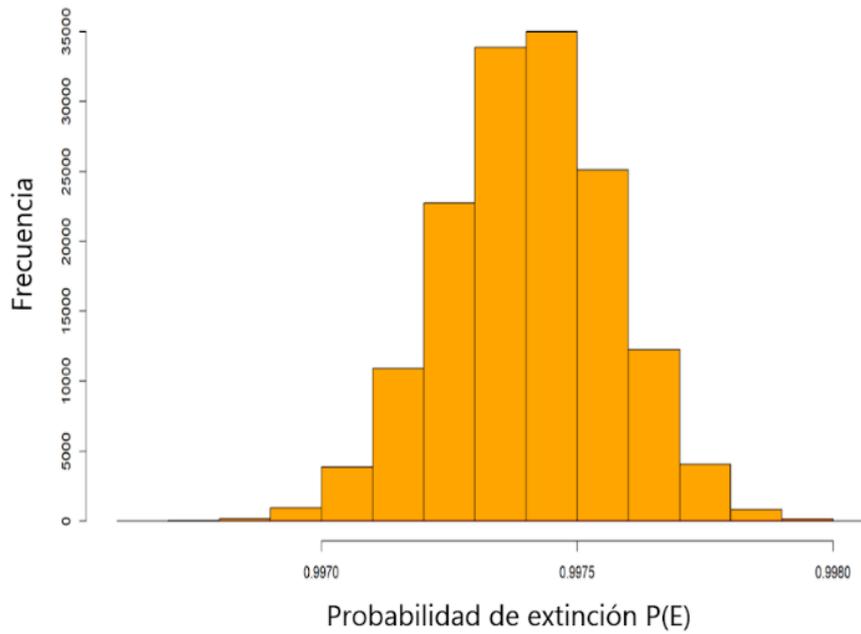


Figura Anexo 7: Histograma de frecuencia de probabilidad de extinción en Azapa.

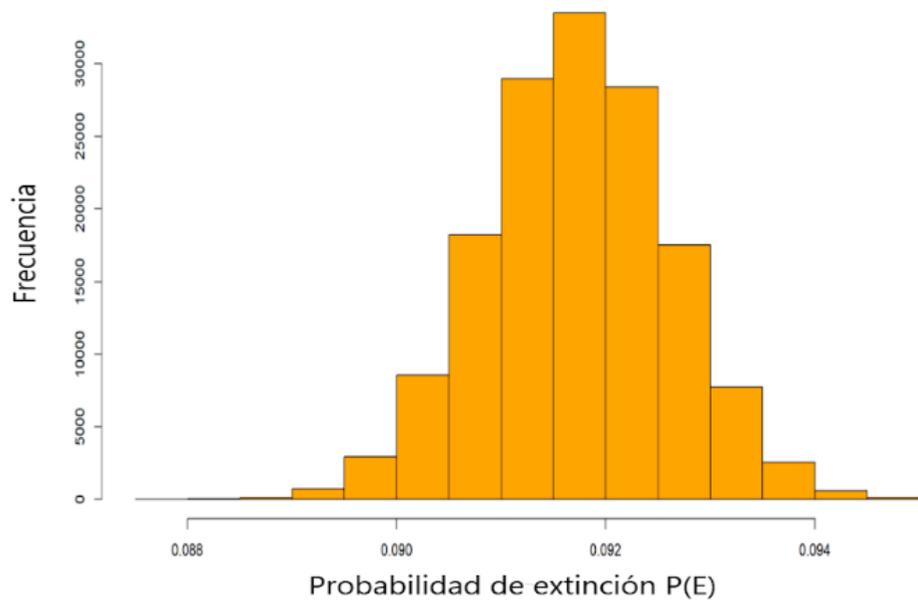


Figura Anexo 8: Histograma de frecuencia de probabilidad de extinción en Camarones.

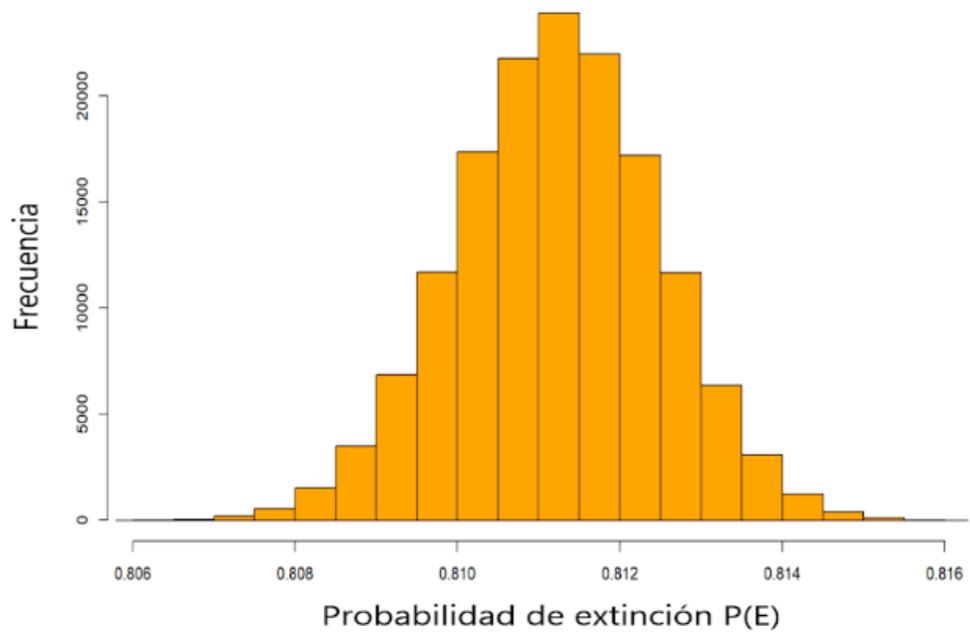


Figura Anexo 9: Histograma de frecuencia de probabilidad de extinción en Vítor.