



UNIVERSIDAD DE CHILE-FACULTAD DE CIENCIAS-ESCUELA DE PREGRADO

**“Análisis comparativo de variables biométricas y estimación de la
abundancia de *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 en dos vertientes
con estructura de hábitat diferente en el salar de Ascotán”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los
requisitos para optar al Título de Bióloga con mención en Medio ambiente

CINTIA ROMINA ORTEGA PINO

Director del Seminario de
Título: Irma Vila Pinto

Co-Director:
Claudio Quezada Romegialli

Noviembre, 2016
Santiago, Chile

BIOGRAFÍA



Nací en Santiago un 10 de abril de 1990, convirtiéndome en la hija menor de la familia. Mis padres Patricia y Luis me dieron una buena educación básica y media, complementada desde que era pequeña, con talleres de distintas áreas, lo que me ayudó a tener aptitudes en el área humanista, científica e incluso artística. Mi infancia fue muy linda, con muchos amigos y primos, a quienes les

agradezco a cada uno de ellos las enseñanzas entregadas.

Mi amor por la naturaleza partió desde pequeña criando, cuidando y educando mascotas no tan comunes para alguien que vive en la ciudad, despertando así un interés adicional por el medio ambiente y los animales, el que fue creciendo enormemente a lo largo de mi vida, lo cual me hizo optar por una carrera afín a mis gustos, queriendo aportar con un granito de arena a la comunidad científica, para luego poder entregar mis conocimientos en el ámbito laboral.

A mi tesoro

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi profesora Tutora Irma Vila, por darme la opción de realizar mi seminario en el laboratorio de Limnología y guiarme en este período junto con mi Cotutor Claudio, quien me aportó con ideas y conocimientos tanto en terreno como en el laboratorio.

Agradecer a mis padres por el esfuerzo que hicieron para lograr que estudiara en esta Universidad tan prestigiosa, apoyándome económica y moralmente.

También dar mis agradecimientos a mi pololo Darío, el cual estuvo conmigo en los momentos buenos y malos, otorgándome ánimo para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	xi
Abstract	xiii
Introducción	1
Hipótesis y objetivos	8
Hipótesis del estudio.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Materiales y métodos	9
Área de estudio.....	9
Trabajo de campo.....	12
Análisis comparativo de variables biométricas de <i>Orestias</i> entre vertientes.....	16
Estimación de la abundancia.....	16
Resultados	18
Características físicas y químicas de las vertientes 6 y 11.....	18
Peces capturados en las trampas de botellas.....	19

Análisis comparativo de la abundancia de <i>Orestias</i> entre vertientes.....	20
Total de peces medidos (trampas de botellas, cuadrante de malla y zona libre de la vertiente 11).....	22
Comparación de la longitud estándar por vertiente.....	23
Comparación del peso total entre vertientes, utilizando la longitud estándar como covariable.....	25
Peces capturados por área con cuadrante de malla.....	26
Estimación de la abundancia en la vertiente 6.....	26
Estimación de la abundancia en la vertiente 11.....	30
Discusión	32
Análisis comparativo de variables biométricas de <i>Orestias</i> entre vertientes.....	32
Estimación de abundancia y densidad de <i>Orestias</i> en las vertientes 6 y 11.....	33
Conclusión	37
Bibliografía	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables físicas y químicas de la vertiente 6 del salar de Ascotán.....	18
Tabla 2: Variables físicas y químicas de la vertiente 11 del salar de Ascotán.....	19
Tabla 3: Capturas en las trampas minnow en cada sector de cada vertiente.....	20
Tabla 4: Promedios y desviaciones estándar (desv. est) de las variables longitud total, estándar, peso total y número de peces capturados en las trampas de botellas en ambas vertientes.....	20
Tabla 5: Promedios y desviaciones estándar (desv. est) de la longitud total, estándar y peso total de todos los peces medidos en ambas vertientes logaritmos de longitud estándar y peso total.....	22
Tabla 6: Número de peces capturados desde el primer cuadrante de malla en la vertiente 6, en una primera remoción.....	27
Tabla 7: Número de peces capturados en el segundo cuadrante de malla en la vertiente 6, en una segunda remoción.....	28
Tabla 8: Números de peces capturados desde el tercer cuadrante de malla de la vertiente 6.....	29
Tabla 9: Estimación de abundancia, para los tres sectores escogidos de la vertiente 6 con el método de máxima verosimilitud y estimador de Leslie.....	30

Tabla 10: Número de peces capturados en el primer cuadrante de malla en la vertiente 11 mediante el método de Extracción sucesiva.....	30
Tabla 11: Número de peces capturados en el segundo cuadrante de malla de la vertiente 11 mediante el método de Extracción sucesiva.....	31
Tabla 12: Estimación de abundancia, para los dos sectores escogidos de la vertiente 11 con el método de Remoción generalizada de Otis.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación del peso total entre vertientes, utilizando la longitud estándar como covariable.....	10
Figura 2: Imágenes satelitales de las vertientes junto con los tres sectores seleccionados para el estudio. A: Imagen satelital de la vertiente 6; B, C y D corresponden a los sectores 1, 2 y 3 respectivamente; E: Imagen satelital de la vertiente 11; F, G y H corresponden a los sectores 1, 2 y 3 respectivamente.....	11
Figura 3: Trampas con botellas; A y B: forma de la trampa; C: ubicación de la trampa.....	13
Figura 4: Cuadrantes para cerrar el área de estudio, en A: cuadrante de la vertiente 6 y en B: el cuadrante de la vertiente 11 del salar.....	15
Figura 5: Abundancia de <i>O. ascotanensis</i> por cada sector de cada vertiente.....	21
Figura 6: Diagrama de cajas de la distribución de los datos analizados de la vertiente 6 y 11, teniendo como variable la longitud estándar de los peces.....	23
Figura 7: Número de peces de cada intervalo de peso total en la vertiente 6.....	24
Figura 8: Número de peces de cada intervalo de peso total en la vertiente 11.....	25
Figura 9: Relación entre el logaritmo del peso total y el logaritmo de la longitud estándar de las vertientes 6 y 11.....	26

Figura 10: Fragmentación del hábitat en la vertiente 11 (Fotografía tomada en terreno).....36

RESUMEN

El salar de Ascotán (21°30'37" S, 68°16'31" O), se encuentra ubicado a 3720 msnm en las cercanías de la ciudad de Calama. En este hábitat de altura, habita el pez endémico *Orestias ascotanensis*, el cual se encuentra en las vertientes de este sistema. En este estudio se escogieron dos vertientes (6 y 11) con estructura de hábitat y efecto antrópico diferente, en las cuales se eligieron tres sectores relativamente comparables. Para la captura de los peces, se dispuso de trampas de botellas o "minnow traps" y de cierres perimetrales con red de enmalle de 25 m², para la estimación de abundancia poblacional, análisis de las variables biométricas (peso total y longitud estándar) y densidad poblacional de las *Orestias*. Con respecto a la abundancia poblacional, en las trampas de botellas se obtuvo un total de 41 peces en la vertiente 6 y 61 en la vertiente 11. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) anidado, de lo cual estadísticamente no hubo diferencias significativas entre ambas vertientes ($p=0,58$), ni tampoco entre los sectores ($p=0,27$). Dentro de los análisis a las variables biométricas, se compararon los datos de la longitud estándar (mediante un ANDEVA) de todos los peces medidos (156 peces en la vertiente 6 y 129 en la vertiente 11), los cuales tampoco arrojaron diferencias entre una y otra vertiente ($p=0,79$). Pero, al comparar la variable "peso total" entre vertientes utilizando a la longitud estándar como covariable, el análisis indicó pesos contrastantes, mayores en los peces de la vertiente 6 en relación a los peces de la vertiente 11 ($p<0,001$). Se utilizaron diversos métodos para calcular la densidad poblacional de *Orestias* en los tres cuadrantes de 25 m² correspondiente a los cierres

perimetrales de enmalle (máxima verosimilitud, estimador de Leslie y el método de remoción generalizada de Otis), En la vertiente 6, con dos de los métodos utilizados, se obtuvieron resultados similares, teniendo alrededor de 380 Orestias por los 25 m², mientras que en la vertiente 11 se obtuvo un valor de 100 Orestias por los 25 m². Se puede concluir que existen diferencias entre estas dos vertientes que presentan distinto efecto antrópico con hábitat diferente. Si bien no se encontraron diferencias en la abundancia poblacional ni en la comparación de la variable longitud estándar entre las dos vertientes, si se vio reflejada esta diferencia al comparar el peso total de los peces referidos a una longitud específica.

ABSTRACT

Ascotán salar (21°30'37"S; 68°16'31"O), is located at 3720 meters above sea level, close to the city of Calama. In this high Andean habitat, lives the native endemic fish *Orestias ascotanensis* Parenti in the springs of this system. In this study we selected two springs (6 and 11) with different habitat structure and anthropic influence. In both we selected three relatively comparable sites. For the fish capture, we used bottle traps or "minnow traps" and gill net enclosures of 25 m² for the relative abundance estimation, biometrics variables analysis (total weight and standard length and *Orestias* population density. In relation with the relative abundance in the bottle traps, we obtained a total of 41 fish in spring 6 and 61 at spring 11. A nested analysis of variance (ANOVA) did not show significative differences between both springs ($p=0,58$), and also among sectors ($p=0,27$). Among the analysis of biometric variables, we compared the standard length (by ANOVA), of the measured fish (156 at spring 6 and 129 at spring 11). This also did not show differences between springs ($p=0,79$). But when comparing "total weight" between springs, using the standard length as a covariable, the analysis indicated contrasting weights, greater in the fish of the spring 6 in relation to the fish of spring 11 ($p<0,001$). We used diverse methods to estimate the population density of *Orestias* in the three 25 m² corresponding nets quadrants (maximum likelihood, Leslie estimator and the general remotion Otis method). At spring six there were obtained similar results with both methods. It was obtained around 380 *Orestias* by 25 m², meanwhile at spring 11; we obtained a value of 100 *Orestias* at 25 m². It can be concluded that there are

differences between these springs since they present different anthropic influence and have different habitat. Although we did not find differences in relative abundance neither at the standard length, the difference was shown when comparing the total weight in relationship with a specific longitude.

INTRODUCCIÓN

El Altiplano corresponde a una planicie de altura en la Cordillera de los Andes (14-22° Latitud Sur), descrita en la actualidad con balance hidrológico negativo (Scott y col., 2015) en el cual la evaporación excede a las precipitaciones y no hay excedente hídrico (Aceituno, 1993). Una de las características importantes del Altiplano es que corresponde a una gran cuenca endorreica, donde las lluvias no tienen salida hacia el océano. De acuerdo con los antecedentes geológicos, estas cuencas lagunares formaban un sólo gran lago; movimientos tectónicos, de origen volcánico, llevaron a su fragmentación y a la aparición de numerosos salares en Bolivia y Chile (Teillier, 2000). Producto del balance hidrológico negativo y el hecho de que los ríos y vertientes no tienen mayor escurrimiento, la mayoría de los afloramientos de agua forman salares, los cuales son extensas planicies donde existe una gran costra salina, producto de esta gran evaporación. Uno de los salares más importantes en el norte de Chile corresponde al salar de Ascotán, ubicado a 3720 msnm (21°30'37'' S, 68°16'31'' O) en las cercanías de la ciudad de Calama, Región de Antofagasta, en la frontera con Bolivia.

El agua superficial del sistema, presente en los márgenes del salar, es alimentada desde vertientes generando canales y lagunas separadas dentro de la superficie del salar, mientras que la mayor parte de esta superficie está cubierta por depósitos evaporíticos (Keller & Soto, 1998). Estas características determinan que las variables físicas y químicas de los canales y lagunas, además de la respectiva cobertura vegetal y la biodiversidad que sustentan, sean diferentes. La biodiversidad de vertebrados, entre

ellos peces y anfibios, se cita originada desde miles de años en estos sistemas (Parenti, 1984).

En Chile, la Familia Cyprinodontidae está restringida a un único género, *Orestias*, que habita en la zona altoandina, donde hasta el momento se han descrito 6 especies (Vila y col., 2006). Pero considerando la alta tasa de especiación en el lago Titicaca, se citan como especies “enjambre” (Vila & Muhlhauser, 1987; Parenti 1984), con un total de 43 especies del género para toda la región altiplánica (Parenti, 1984). Se postula que nuevas especies se encontrarían con futuras investigaciones (Vila y col., 2006). El límite sur de la distribución de este género corresponde al salar de Ascotán, en el cual únicamente la especie endémica *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 habita las vertientes de este sistema (Martínez y col., 1999). Esta especie hoy está considerada en peligro de extinción (Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2016) debido a sus pequeños tamaños poblacionales, reducido a sólo cientos de ejemplares por sistema conjuntamente con la fragmentación y fluctuaciones en el tamaño de su hábitat. Esta situación, se debe principalmente al balance hídrico negativo, proceso climático natural que afecta a los sistemas altiplánicos (Keller & Soto, 1998; Vila y col., 2007; Morales, 2009; Morales y col., 2011), y la alta demanda de agua por parte de la actividad minera (Contreras, 2002).

Existe alta probabilidad que el ecosistema donde vive *O. ascotanensis* continúe siendo cada vez más árido debido al cambio del clima y a la actividad minera que utiliza agua de las vertientes para procesos industriales (Morales y col., 2011). Por esta razón es muy importante ampliar la información acerca de esta especie a la hora de buscar

herramientas para contribuir a su protección, restaurando la vegetación e hidrología del salar con la mantención adecuada de volúmenes de agua que conserven su hábitat (Vila y col., 2007).

La causa principal de una extinción en las poblaciones actuales es la pérdida de hábitat acuático en manos de las actividades del ser humano, como la minería y la agricultura. Independientemente de la especie, las poblaciones pequeñas son más propensas a la extinción que las poblaciones más abundantes debido a su mayor vulnerabilidad a la estocasticidad demográfica y ambiental, la pérdida de variabilidad genética junto con la interrupción de las estructuras comunitarias que influyen en el apareamiento, alimentación y defensa (Berger, 1990).

Las especies altamente endémicas con distribución restringida, como *O. ascotanensis*, son más susceptibles a la extinción debido a que la pérdida del hábitat de la única región geográfica que habitan llevaría a la pérdida para la especie (Smith & Smith, 2007). Los peces que requieren de una amplia área de desplazamiento suelen estar en peligro de extinción debido a la fragmentación del hábitat, disminución de sus poblaciones y por ende de la variabilidad genética.

Para el estudio de las poblaciones se han utilizado diversas aproximaciones, las cuales incluyen: densidad de la población, abundancia relativa de organismos de diferentes edades, distribución de la población, proporción de los diferentes sexos, tasa de natalidad, tasa de mortalidad, nivel de adaptación, potencial biótico y la migración, entre otras. La abundancia y la distribución reflejan la respuesta de las poblaciones locales a las condiciones locales (González, 1999).

La abundancia es el número de individuos que presenta una población por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población). La distribución de los individuos dentro de una población tiene un efecto importante en la densidad. Los individuos pueden estar distribuidos de la siguiente forma: 1) al azar 2) de manera uniforme y 3) en grupos; la distribución más común es la de individuos agregados, cuando los recursos o el hábitat apropiado se encuentran distribuidos en zonas más amplias, es el caso de especies sociales como los peces o pájaros.

El tamaño de la población, es una función de la densidad de la población y el área que ocupan, por lo tanto, la población es estimada de acuerdo con la densidad en relación con el área en la cual se distribuyen. Cuando la distribución espacial y la abundancia son pequeñas (como en el caso de especies en peligro de extinción), se puede realizar el recuento total de individuos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la densidad debe estimarse a través de muestreos poblacionales.

Obtener información de la distribución, composición específica y por sobre todo tratándose de especies en peligro de extinción, conocer su abundancia se torna crucial. Este tipo de información es posible obtenerla mediante muestreos, dada la alta movilidad de los peces y el medio en que habitan dificultan esta tarea. Es por esto, que existe una gran variedad de métodos de muestreo de peces, de acuerdo a Lucas & Baras (2000), los principales son:

- Métodos activos, como la pesca eléctrica, el arrastre o el uso de sacadoras.
- Métodos pasivos, como las trampas, redes o pesca con caña.

- Métodos indirectos de detección u observación como ecosonda, la filmación o la práctica del submarinismo.

No existe un método universal para todas las especies y todos los tipos de ambientes, por lo que es necesario seleccionar la técnica adecuada para cada especie, su ambiente y del objetivo del estudio.

De acuerdo a Zamora y col., (2009), los métodos más comunes de estimación de abundancia de una población de peces son:

- Captura-marcaje y recaptura: Consiste en capturar y marcar individuos, devolverlos al medio y posteriormente volver a repetir el muestreo para observar qué fracción de individuos tienen la marca. Las marcas deben ser permanentes, reconocibles y que no afecten al individuo. Los métodos para determinar la abundancia poblacional se encuentra el método de Petersen y el método de Schnabel (Seber, 1973).
- Capturas sucesivas con extracción: Consiste en realizar una serie de capturas sucesivas dentro de un tramo cerrado físicamente usando pesca eléctrica o trampas con una cantidad de esfuerzo conocida y constante. Los individuos no se devuelven hasta el final del experimento y se estima la abundancia poblacional a partir de la disminución de las capturas realizadas (Schwarz & Seber, 1999). Los modelos para determinar la abundancia poblacional son modelos de Máxima Verosimilitud y modelos basados en Regresión Lineal.

Conceptualmente, cada uno de estos métodos es simple, pero su aplicación a poblaciones naturales ha requerido el desarrollo de una gran cantidad de modelos. Al mismo tiempo, el conocimiento de la abundancia de una especie es un requerimiento básico para muchos estudios ecológicos e imprescindibles a la hora de evaluar el estado de conservación de la especie o desarrollar un plan de gestión. Sin embargo, es difícil realizar estudios de la abundancia y distribución de las especies, además de que los resultados de censos raras veces son analizados en el ámbito de la conservación (Seoane y col., 2003). La historia geológica del salar de Ascotán, sus variables climáticas y la actual demanda de agua, habría fragmentado el hábitat acuático del lugar, separando diversos cursos de agua originando vertientes, afectando y aislando la población de *Orestias* en ellos. Actualmente, el salar presenta 12 vertientes, de las cuales la vertiente 6 y 11 presentan diferencias en la estructura de hábitat, diferencias en el tamaño de superficie y además difieren en su condición actual de intervención antrópica, lo que está ocasionando un impacto significativo en el hábitat de *Orestias ascotanensis*. Un hábitat impactado es por definición un ambiente que ha sido intervenido o alterado negativamente por la acción humana modificando algún factor ambiental (Orea & Villarino, 2013).

La vertiente 11, que presenta una superficie menor, se encuentra impactada por la actividad minera, mientras que la vertiente 6 se encuentra sin alteración o por muy debajo del impacto que presenta la vertiente 11.

Fruto de la fragmentación y reducción del hábitat de *O. ascotanensis*, este se encuentra en peligro.

Considerando la singularidad biogeográfica de esta especie en peligro de extinción, se ha considerado de importancia actual conocer con datos concretos este impacto estimando la abundancia de *O. ascotanensis* y realizar una comparación de las variables biométricas de los peces en dos vertientes del salar (6 y 11) con características de hábitat diferentes.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis del estudio:

Dado las diferencias en tamaños y estructura de hábitat entre las dos vertientes escogidas, los peces que habitan la vertiente con una alteración e impacto antrópico mayor tendrán diferencias en la abundancia poblacional, peso y tamaño corporal en relación a los peces que viven en la vertiente con menor impacto.

Objetivo general:

- Realizar un análisis comparativo de los peces de dos vertientes con efecto antrópico diferente (6 y 11) del salar de Ascotán, considerando peso, longitud y abundancia poblacional de *Orestias ascotanensis*.

Objetivos específicos:

- Determinar la abundancia de las poblaciones de *O. ascotanensis* de las vertientes 6 y 11 con el método de trampas “minnow”.
- Estimar la densidad de las poblaciones de *O. ascotanensis* de las vertientes 6 y 11 con un método de depleción.
- Comparar la longitud estándar de las poblaciones de *O. ascotanensis* de las vertientes 6 y 11.
- Comparar el peso total de las poblaciones de *O. ascotanensis* de las vertientes 6 y 11, utilizando la longitud estándar como covariable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en el Salar de Ascotán ($21^{\circ}30'37''$ S, $68^{\circ}16'31''$ O, 3720 msnm), situado en la Cordillera de los Andes de la Región de Antofagasta, al nororiente de la ciudad de Calama, Chile.

Los peces que habitan las vertientes del salar están agrupados en cuatro grupos genéticos, lo cual se señala en la Figura 1. Las vertientes separadas físicamente están comunicadas entre sí solo mediante napas subterráneas y por ello los peces presentan poblaciones independientes (Morales y col., 2011). La vertiente 1 contiene el primer grupo, las vertientes 2 a la 7 contiene el segundo grupo, en el tercer grupo están las vertientes 8, 9, 10 y 12 y finalmente la vertiente 11 que sustenta un cuarto grupo (Vila y col., 2013).

Las vertientes escogidas para el estudio correspondieron a las vertientes 6 y 11 del salar. Se seleccionó estas dos vertientes por características apropiadas para el estudio, como accesibilidad, existencia de información previa de la calidad del agua, características físicas adecuadas, cantidad de macrófitas, presencia de peces, por lo tanto, mayor facilidad para aplicar la metodología escogida. Así, la vertiente 6 presenta mayor volumen de agua (y por ende, mayor hábitat disponible) con 4680 m² aproximados de superficie, mientras que la vertiente 11 es un sitio que ha estado intervenido históricamente para extracción de agua por actividades mineras y cuenta con 1868 m² aproximados de superficie.

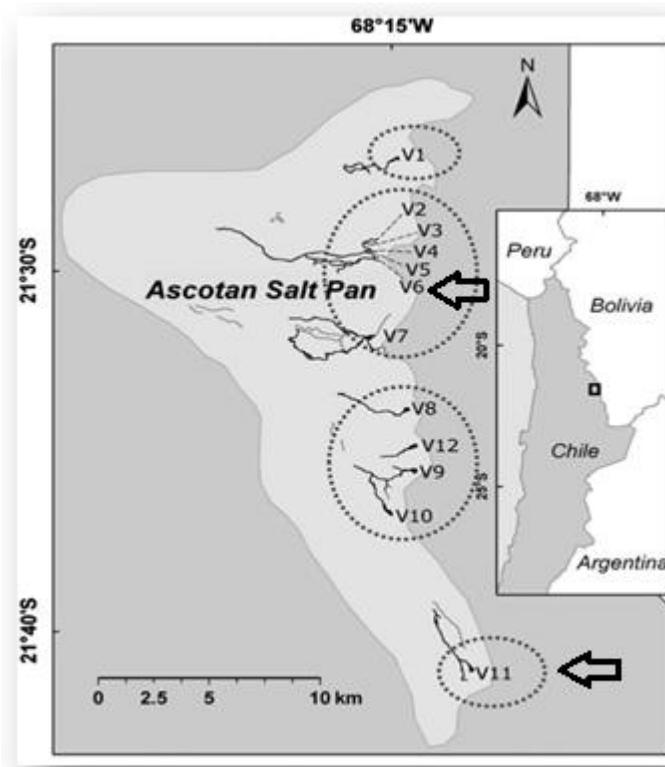


Figura 1: Mapa del Salar de Ascotán, indicando la ubicación y número de las distintas vertientes. Modificado de Morales y col., 2011.

Se escogieron 3 sectores por vertiente (Figura 2), relativamente comparables, tomando en cuenta la cantidad de macrófitas, la velocidad de corriente, si el ambiente es caudaloso o no. Como ejemplo, se muestra que el sector 2 de ambas vertientes, el ambiente para los peces presenta una estructura de canal.

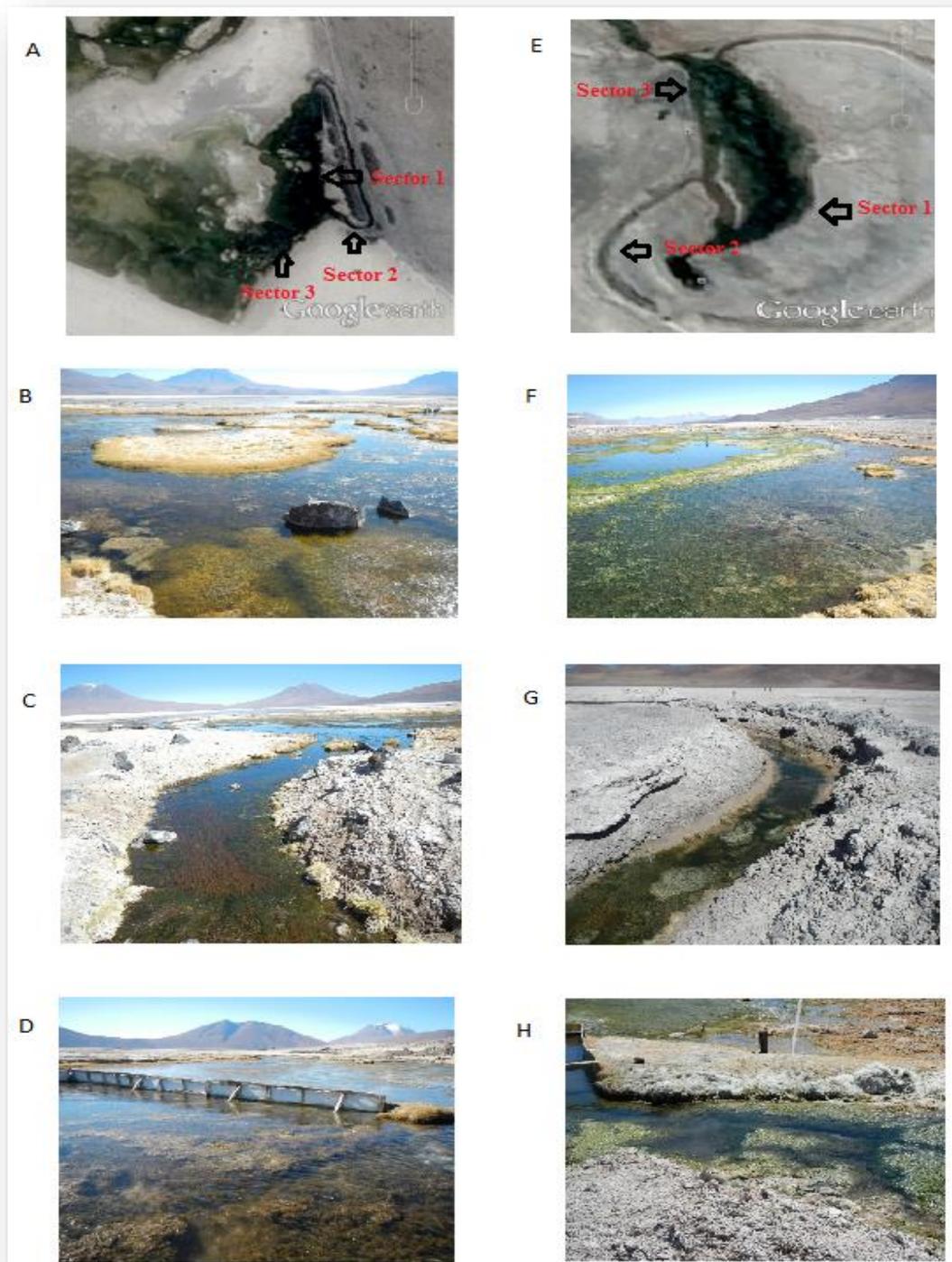


Figura 2: Imágenes satelitales de las vertientes junto con los tres sectores seleccionados para el estudio. A: Imagen satelital de la vertiente 6; B, C y D corresponden a los sectores 1, 2 y 3 respectivamente; E: Imagen satelital de la vertiente 11; F, G y H corresponden a los sectores 1, 2 y 3 respectivamente.

Trabajo de campo

La descripción de la metodología de muestreo que se detalla posteriormente fue la realizada en las vertientes 6 y 11 durante el mes de agosto del año 2015.

En cada vertiente se tomó una muestra de agua *in situ* con una sonda multiparamétrica modelo WTW3430 en tres puntos, midiendo las variables físicas y químicas tales como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, conductividad y salinidad. El detalle de esta muestra se observa en la sección resultados.

Para llevar a cabo la estimación de abundancia y un análisis comparativo de variables biométricas de los peces de ambas vertientes, en primera instancia se dispuso a colocar las trampas de botellas o “minnow traps” en los tres sectores uniformes de cada vertiente, con el fin de obtener réplicas representativas y comparables, con esto se logra estandarizar la estimación de abundancia. Para ello, se colocaron 6 trampas por sector durante 1 hora, de tal forma de homologar la unidad de esfuerzo entre vertientes. En la Figura 3A y 3B, se muestra de manera general las trampas utilizadas para ambas vertientes y en la Figura 3C, se observa la trampa de botella sumergida de manera estratégica para que los peces se introdujesen en ella.

Se utilizó la totalidad de los datos procedentes de las “minnow traps” de ambas vertientes para el análisis comparativo de los peces por sector y por vertiente. Para evaluar si existen diferencias en la abundancia (capturada en las trampas “minnow”) entre vertientes, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) anidado por medio de permutaciones (999 permutaciones), con la función `nest.anova.perm` (Borcard &

Legendre, 2007), en el programa estadístico R (R Core Team, 2016). El diseño muestral de tipo balanceado (6 réplicas por sitio, 3 sitios por vertiente), permitió hacer dos análisis: 1) un análisis con las abundancias en bruto, y 2) un análisis con las abundancias estandarizadas por área muestreada. Estos dos análisis permiten evaluar si existe diferencia en la abundancia (capturada en las trampas “minnow”) entre las dos vertientes.

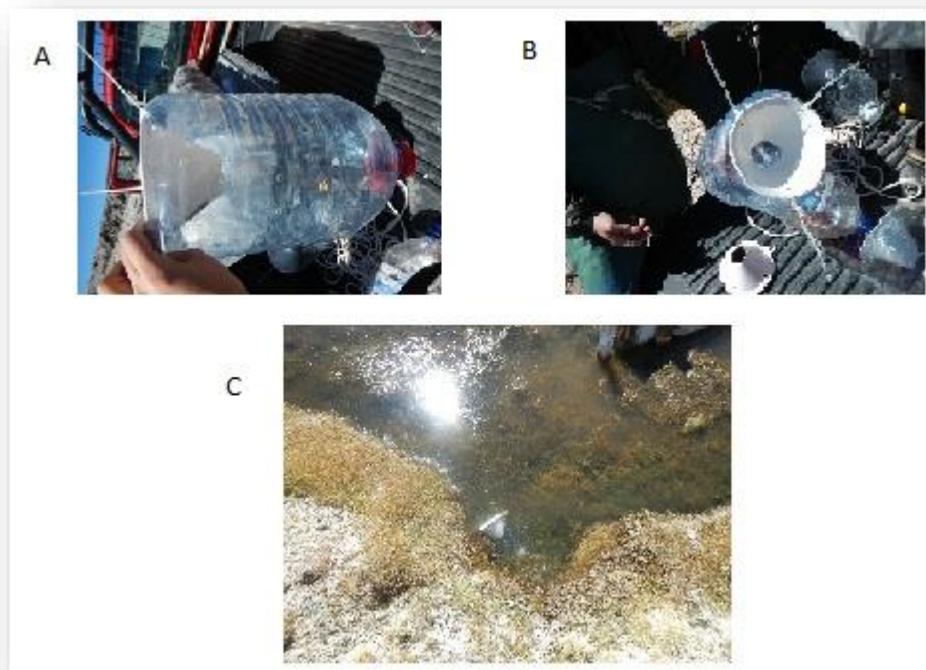


Figura 3: Trampas con botellas; A y B: forma de la trampa; C: ubicación de la trampa.

Los muestreos se realizaron en puntos estratégicos dentro de ambas vertientes, para lo cual se eligieron ambientes similares entre ellas. Así, se pudo analizar la abundancia poblacional de la población junto con las características biométricas de los peces en

cada vertiente de manera comparable. Para el recuento de los ejemplares se consideraron los adultos y juveniles.

Para las variables biométricas se consideraron y registraron los pesos de los peces capturados en cada punto, además de las longitudes estándar y total. Se consideró al peso total como (PT), a la longitud total como (LT) y a la longitud estándar como (LE).

Para llevar a cabo la estimación de la densidad poblacional, se implementó un método absoluto, el que correspondió al método de capturas sucesivas con extracción (Zamora y col., 2009). Para ello se cerró físicamente un tramo similar de cada vertiente con una red de enmalle de 20 metros de longitud, formando un cierre perimetral de 5 m de lado (Figura 4). Previo al muestreo, se dejó pasar un tiempo prudente para no estresar a los peces (Zamora y col., 2009). Al producirse el cierre de cada punto del transecto, se formó un cuadrante de 25 m². Una vez que se realizó el cuadrante, las *Orestias* encerradas en él, formaron una muestra finita, con el objeto de aplicar la metodología descrita por Zamora y col (2009).

Los peces se capturaron con chinguillos cada cinco minutos y en cada ocasión no fueron devueltos hasta el final de cada réplica de remoción, y la estimación del tamaño de la población se realizó a partir de la disminución de las capturas realizadas en las distintas ocasiones. Los peces capturados fueron colocados en baldes previamente rotulados manteniendo un ritmo constante de pesca con el anestésico benzocaína 20 (20 gotas/5 litros de agua), para luego ser contabilizados, medidos y pesados. La cantidad de anestésico fue probada desde un mínimo de gotas para no provocar la muerte de los

peces, pero a la vez que se mantuvieran sedados por el tiempo necesario. En la Figura 4, se señalan los tramos cerrados con malla en las vertientes 6 y 11.

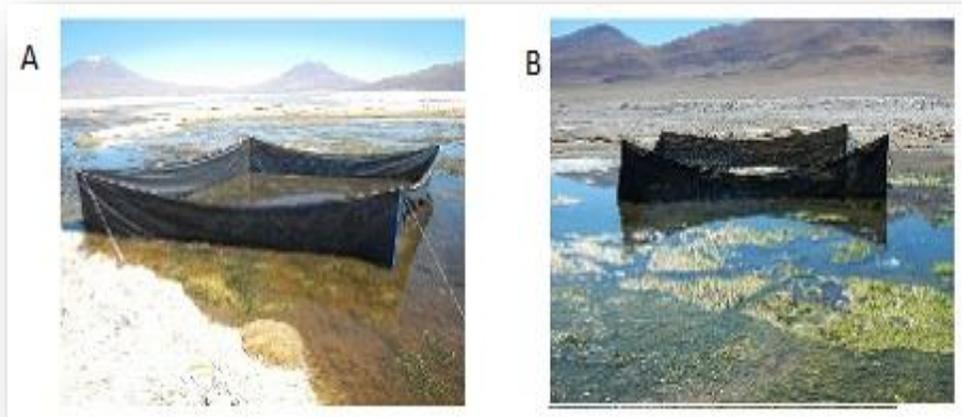


Figura 4: Cuadrantes para cerrar el área de estudio, en A: cuadrante de la vertiente 6 y en B: el cuadrante de la vertiente 11 del salar.

Los peces capturados se protegieron del sol en baldes de 20 litros de capacidad, con agua fresca y utilizando además aireadores mecánicos. Una vez que los peces fueron contabilizados, medidos y pesados fueron devueltos vivos al mismo ambiente. En la vertiente 11, fue necesario capturar peces extras para medirlos desde una zona libre (sin trampas de botellas ni cuadrante de malla), con el fin de obtener más peces para la comparación de las variables biométricas de las vertientes. Desde la vertiente 6, esta opción no fue considerada ya que se capturaron los peces necesarios para el análisis.

Análisis comparativo de variables biométricas de *Orestias* entre vertientes.

El análisis estadístico para comparar las poblaciones de los peces en las dos vertientes se hizo mediante el uso del análisis de la covarianza, utilizando el peso total como variable dependiente y la longitud estándar como covariable. La relación de estas dos variables no es lineal, pero la transformación logarítmica de los datos hace lineal esta relación. Se estableció como nivel de significancia un valor de p menor o igual a 0.05.

Estimación de la abundancia

Para llevar a cabo la estimación, se utilizó el método “capturas sucesivas con extracción”, el cual posee los siguientes supuestos (Zamora y col., 2009):

1. La población debe ser cerrada. No debe producirse una significativa natalidad, mortalidad o migración durante el experimento. Se puede cumplir con esta condición reduciendo el tiempo del muestreo.
2. Cada ocasión de captura debe reducir la población en una proporción significativa.
3. Todos los individuos deben tener la misma probabilidad de captura.
4. La probabilidad de captura debe ser constante en las distintas ocasiones en que se realice.

El método tiene que ser modificado si la población está experimentando mortalidad natural significativa, inmigración o emigración mientras se realizan las capturas sucesivas (Ricker, 1975).

Con la información de la cantidad de peces obtenidos en la remoción de cada cuadrante, fue posible realizar la estimación de abundancia. Se utilizaron los estimadores de máxima verosimilitud de densidad en el programa estadístico R (R Core Team, 2016), utilizando el paquete de métodos Fishmethods, sección *deplet* que contiene la metodología adecuada para la estimación de la abundancia según las características efectuadas en terreno para tal fin. Esta sección de métodos se describe como “modelos de esfuerzo variable y constante para la estimación de la abundancia de datos de reducción de captura-esfuerzo asumiendo una población cerrada”.

Los métodos utilizados fueron los siguientes:

- 1) Máxima verosimilitud: se requieren al menos 3 extracciones sucesivas (Gould & Pollock, 1997).
- 2) Estimador de Leslie: se requieren al menos 3 extracciones sucesivas (Leslie & Davis, 1939).
- 3) Método de remoción generalizada de Otis: para esfuerzo constante con 2 extracciones sucesivas (Otis y col., 1978).

Para la estimación en la vertiente 6, se utilizó el método de máxima verosimilitud y el estimador de Leslie. Para la vertiente 11, se utilizó el método de remoción generalizada de Otis, debido a que las condiciones atmosféricas adversas no permitieron realizar más de 3 capturas en este sitio.

RESULTADOS

- **Características físicas y químicas de las vertientes 6 y 11.**

Las variables físicas y químicas de las muestras de agua de cada sector de ambas vertientes se detallan en la Tabla 1 y 2. Por ejemplo, tanto la conductividad como la salinidad presentan promedios mayores en la vertiente 6 (conductividad: 4,1 mS/cm (desv. est: 0,03); salinidad: 2,1 (desv. est: 0,05)), respecto a la vertiente 11 (conductividad: 2,7 mS/cm (desv. est: 0,04); salinidad: 1,4 (desv. est: 0,06)).

La temperatura en las vertientes 6 y 11 durante el período de obtención de los datos varió en cada sector, siendo la más alta en el sector 2 de la vertiente 11 con 21°C. El pH es básico para todos los sectores de cada vertiente. Además, se muestra el valor promedio de la profundidad de cada sector.

Tabla 1: Variables físicas y químicas de la vertiente 6 del salar de Ascotán.

Vertiente 6			
Variable	Sector 1	Sector 2	Sector 3
pH	8,2	8,47	8,42
Temperatura (°C)	15,1	14,5	14,9
O ₂ (mg/L)	8,24	9,2	10,43
O ₂ (%)	141,8	142,8	161,4
STD (g/L)	4,07	4,09	4,13
Conductividad(mS/cm)	4,07	4,09	4,13
Salinidad (%)	2,1	2,1	2,2
Profundidad Promedio ± desviación estándar (cm)	9,59 ± 4,98	8,54 ± 6,78	16,33 ± 10,98

Tabla 2: Variables físicas y químicas de la vertiente 11 del salar de Ascotán.

Vertiente 11			
Variable	Sector 1	Sector 2	Sector 3
pH	9,32	7,14	9,02
Temperatura (°C)	14,6	21	17,6
O2 (mg/L)	10,21	4,87	15,5
O2 (%)	159,6	97	F.R
STD (g/L)	2,69	2,63	2,67
Conductividad (mS/cm)	2,7	2,63	2,67
Salinidad (%)	1,4	1,3	1,4
Profundidad Promedio ± desviación estándar (cm)	8,4 ± 4,79	6,58 ± 4,81	10,03 ± 5,36

F.R: fuera de rango

- **Análisis de datos.**

Peces capturados en las trampas de botellas.

Los peces que fueron capturados en las trampas de botellas en los tres sectores de cada vertiente, sumaron un total de 41 ejemplares en la vertiente 6 y 61 en la vertiente 11. En la Tabla 3, se muestra la cantidad de peces encontrados en las capturas de cada sector y en la Tabla 4, los promedios de las variables longitud total, longitud estándar y peso total de los peces capturados en las trampas de botellas.

Tabla 3: Capturas en las trampas minnow en cada sector de cada vertiente.

	Vertiente 6	Vertiente 11
Capturas en trampas	Sector 1: 19	Sector 1: 7
	Sector 2: 13	Sector 2: 40
	Sector 3: 9	Sector 3: 14
	$\bar{x}^* = 2,27$ (desv. est: 3,1)	$\bar{x}^* = 3,38$ (desv. est: 5,59)
n total	41	61

*: Promedio del total de peces en las seis botellas por cada sector.

Tabla 4: Promedios y desviaciones estándar (desv. est) de las variables longitud total, estándar, peso total y número de peces capturados en las trampas de botellas en ambas vertientes.

Variable	Vertiente 6	Vertiente 11
Longitud total (mm)	$\bar{x} = 44,87$ (desv. est: 9,48)	$\bar{x} = 44,95$ (desv. est: 13,28)
Longitud estándar (mm)	$\bar{x} = 36,95$ (desv. est: 8,21)	$\bar{x} = 36,31$ (desv. est: 11,38)
Peso total (g)	$\bar{x} = 1,15$ (desv. est: 0,86)	$\bar{x} = 0,86$ (desv. est: 0,86)

Análisis comparativo de la abundancia de *Orestias* entre vertientes.

El análisis de los datos obtenidos desde las trampas colocadas en los tres sectores de cada vertiente, muestra que no hay diferencias significativas entre la cantidad de peces capturados entre vertientes ($F = 0,406$; 1 g.l., $p = 0,58$), y entre sectores dentro de las vertientes ($F = 1,39$; 4 g.l.; $p = 0,27$). En la Figura 5, se exponen estos resultados de

abundancia, por cada sector y por cada vertiente representados en un gráfico de barras.

Además, se muestran las barras de error que corresponden a la desviación estándar.

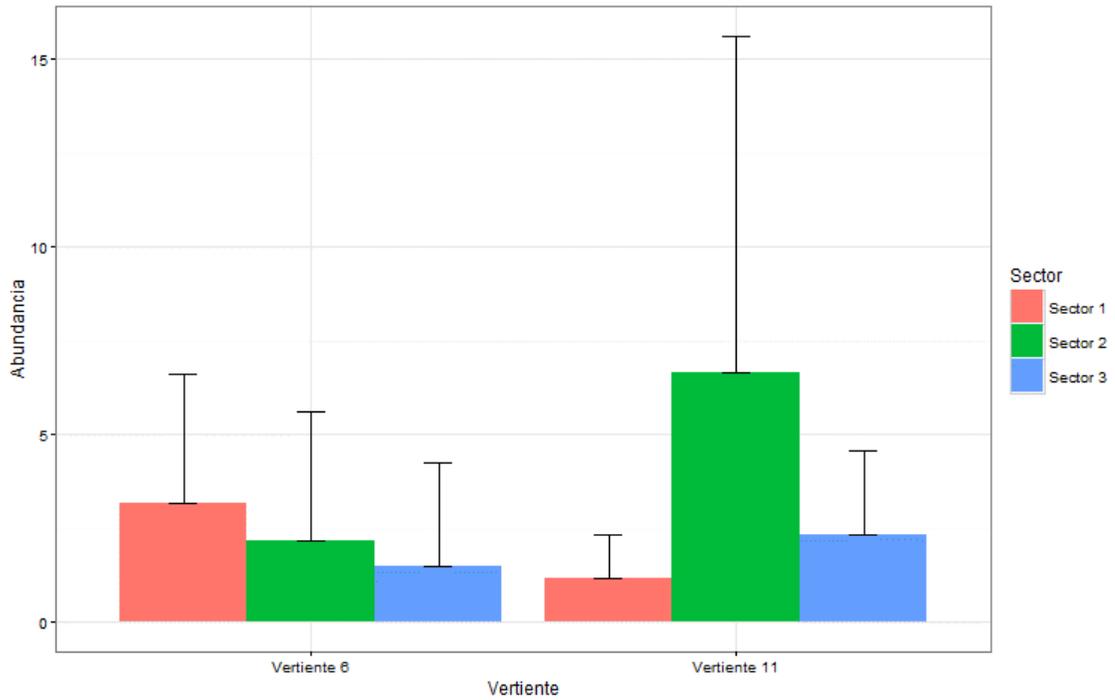


Figura 5: Abundancia de *O. ascotanensis* por cada sector de cada vertiente.

Además, al considerar la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada por la superficie muestreada en cada sector, tampoco se observan diferencias entre vertientes ($F= 0,11$; 1 g.l.; $p= 0,72$) ni entre sectores dentro de las vertientes ($F= 2,37$; 4 g.l.; $p = 0,082$).

Total de peces medidos (trampas de botellas, cuadrante de malla y zona libre de la vertiente 11).

Para los siguientes análisis comparativos, se consideran a todos los peces capturados que fueron medidos (longitud total, estándar y peso total) en las trampas de botellas, cuadrantes de malla y la zona libre de la vertiente 11.

En la Tabla 5, se muestra un resumen de los datos obtenidos, los cuales fueron utilizados para el análisis comparativo de las vertientes.

Tabla 5: Promedios y desviaciones estándar (desv. est) de la longitud total, estándar y peso total de todos los peces medidos en ambas vertientes logaritmos de longitud estándar y peso total.

Variable	Vertiente 6	Vertiente 11
Longitud total (LT; mm)	43,48 (desv. est: 9,86)	45 (desv. est: 10,64)
Longitud estándar (LE; mm)	35,83 (desv. est: 8,57)	36,35 (desv. est: 9,32)
Peso total (PT; g)	1,08 (desv. est: 0,93)	0,78 (desv. est: 0,69)
log (LE)	3,55 (desv. est: 0,22)	3,56 (desv. est: 0,26)
log (PT)	-0,24 (desv. est: 0,81)	-0,61 (desv. est: 0,91)
n total	156	129

Del total de peces analizados en la vertiente 6 (156 peces), 41 de ellos provenían de las trampas de botellas y 115 peces desde el primer cuadrante de malla. Del total de peces medidos en la vertiente 11 (129 peces), 61 de ellos provenían de las trampas de botellas, 19 peces desde el primer cuadrante de malla y 49 peces desde la zona libre. Con estos datos, se realizaron análisis comparativos entre las vertientes.

Comparación de la longitud estándar por vertiente.

Desde los datos que se obtuvieron en terreno en ambas vertientes, en primera instancia mediante un ANDEVA se comparó la longitud estándar de los peces capturados entre estos dos sitios. Los datos se linealizaron logarítmicamente; la información obtenida no señaló diferencias significativas entre las vertientes 6 y 11.

Los análisis indican que la longitud estándar no es mayor en la vertiente 6 que la vertiente 11 ($p = 0.79$).

El *box-plot* o diagrama de cajas (Figura 6), proporciona además una visión general de la distribución de los datos; se observa mediante los valores de las medianas y los valores mínimos y máximos, que en ambas vertientes hay una distribución muy similar de los datos.

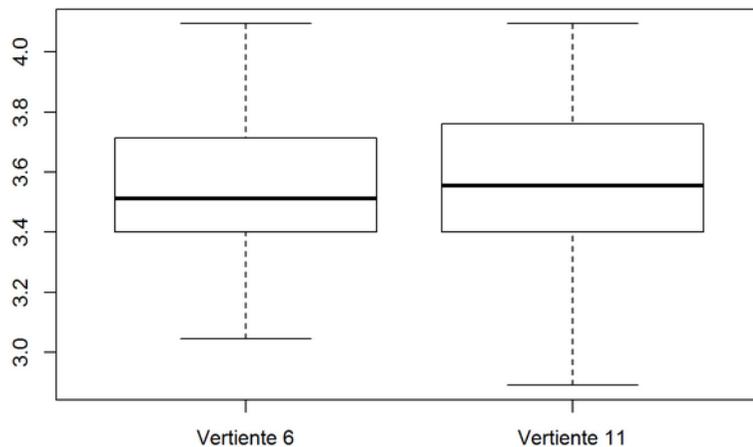


Figura 6: Diagrama de cajas de la distribución de los datos analizados de la vertiente 6 y 11, teniendo como variable la longitud estándar (escala logarítmica) de los peces.

El peso total de los peces medidos en cada vertiente se puede apreciar en una representación gráfica en la forma de histogramas (Figuras 7 y 8), de manera tal que se observa la frecuencia de los datos representados en cada intervalo de clase. En ambas vertientes los datos muestran la misma tendencia, en donde los peces con menores pesos corporales totales son los que presentan el mayor número de peces.

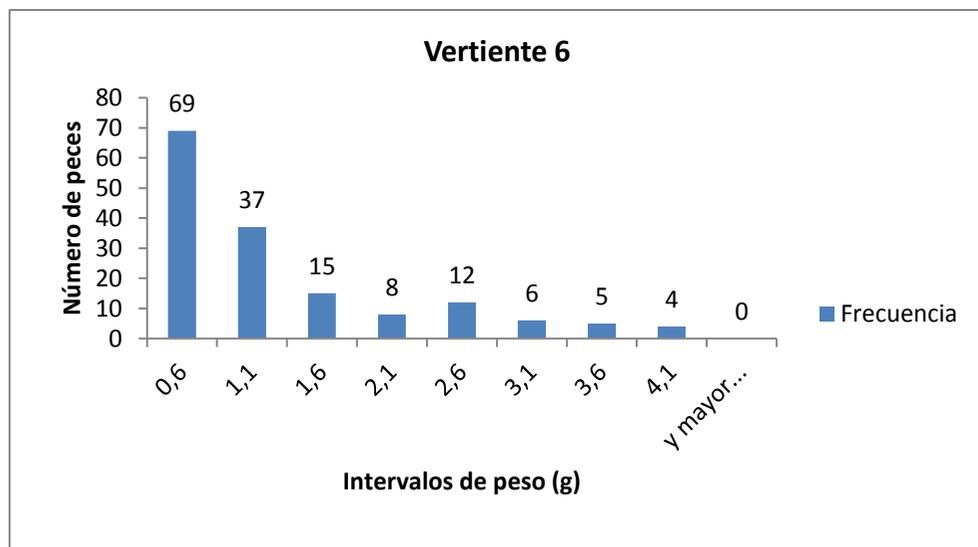


Figura 7: Número de peces de cada intervalo de peso total en la vertiente 6.

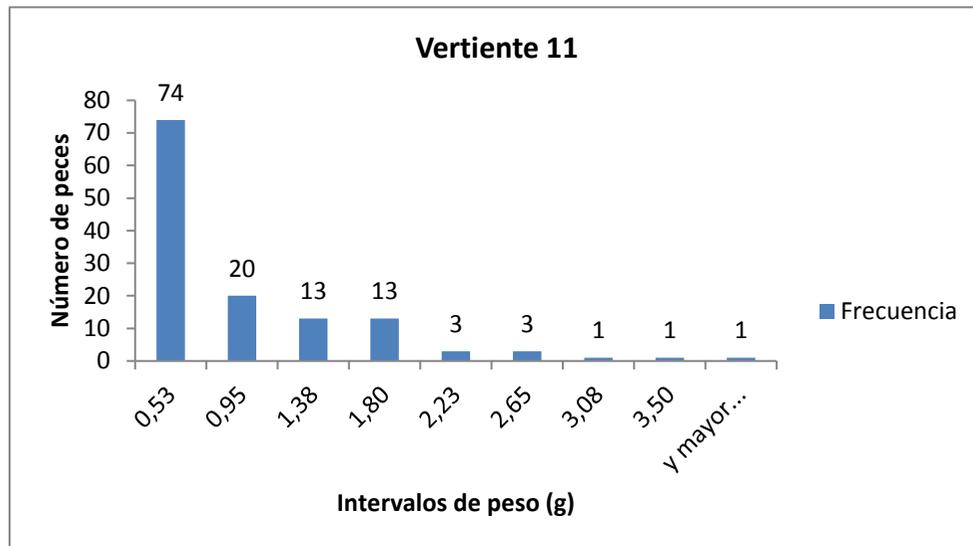


Figura 8: Número de peces de cada intervalo de peso total en la vertiente 11.

Comparación del peso total entre vertientes, utilizando la longitud estándar como covariable.

Este análisis, que compara el peso total de los peces capturados de cada vertiente tiene como covariable la longitud estándar. Al igual que el análisis anterior, para llegar a una aproximación lineal de los datos se transformaron logarítmicamente. La Figura 9, muestra la relación $\log(\text{PT})$ vs $\log(\text{LE})$ de cada vertiente. El análisis entregó diferencias significativas en el intercepto de la relación $\log(\text{PT})$ vs $\log(\text{LE})$ entre las poblaciones de *O. ascotanensis* de las dos vertientes ($F_{1, 282} = 93,16$; $p < 0,001$). Se puede apreciar que los valores a lo largo de la recta, la vertiente 6 se encuentra por sobre la vertiente 11 en la mayoría de los puntos, independiente si el individuo presente valores bajos o altos de longitud estándar. En otras palabras, los peces de la vertiente 6 tienen mayor peso total, independiente (o controlando por) la longitud estándar: esto es

comparando peso total de peces pequeños con peces pequeños, comparando peso total de peces medianos con peces medianos y comparando peso total de peces grandes con peces grandes, entre las dos vertientes.

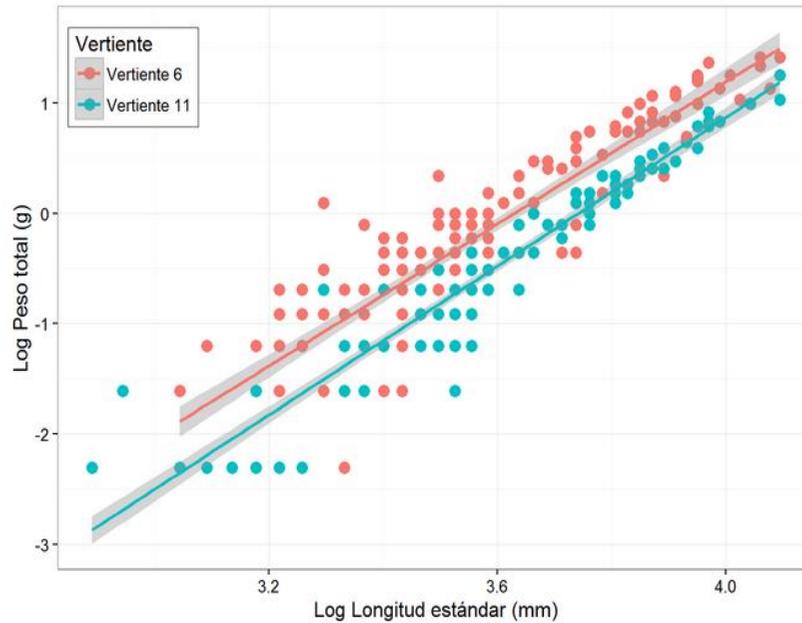


Figura 9: Relación entre el logaritmo del peso total y el logaritmo de la longitud estándar de las vertientes 6 y 11.

Peces capturados por área con cuadrante de malla.

Estimación de la abundancia en la vertiente 6.

En la primera y segunda extracción de los peces, las cuales se produjeron en el mismo hábitat, pero en distinto cuadrante de malla, en ambos existía una concentración de peces que se apreciaban claramente, constituyéndose en una especie de canal o río. En

cambio, la tercera extracción que se produjo en un hábitat distinto, el cual se encontraba cubierto de macrófitas, no se apreciaban fácilmente.

En la primera extracción desde el primer cuadrante de malla, se obtuvieron los siguientes resultados detallados en la Tabla 6, los cuales fueron estimados con dos métodos distintos (máxima verosimilitud y estimador de Leslie) para la obtención final de la estimación de abundancia.

Tabla 6: Número de peces capturados desde el primer cuadrante de malla en la vertiente 6, en una primera remoción.

Primera réplica	N° de peces
Primera pasada	33
Segunda pasada	70
Tercera pasada	39
Cuarta pasada	51
Quinta pasada	11

En una primera oportunidad, la estimación de la abundancia se determinó con el método de máxima verosimilitud para los 25 m² de superficie muestreada. Este análisis arrojó un estimado de 377 individuos, con un error estándar de $\pm 177,6$. El intervalo de confianza fue de 0- 945,1.

Con el estimador de Leslie, dio como resultado una estimación de 381 individuos, con un error estándar de ± 285 . El intervalo de confianza respectivo a este método es 0- 1287.

En la siguiente extracción (o réplica de extracción), desde el segundo cuadrante de malla de 25 m², la cantidad de peces capturados en cada pasada se muestra en la Tabla

7, con estos valores, al igual que en la vez anterior, se entregan los valores de estimación de abundancia a través de dos métodos.

Tabla 7: Número de peces capturados en el segundo cuadrante de malla en la vertiente 6, en una segunda remoción.

Segunda réplica	N° de peces
Primera pasada	138
Segunda pasada	88
Tercera pasada	67
Cuarta pasada	10
Quinta pasada	37

La estimación de abundancia con el método de máxima verosimilitud, señaló que en los 25 m² cubiertos hay una estimación de 381 peces, con un error estándar de $\pm 12,4$. En esta oportunidad, el intervalo de confianza, resultó más acotado, siendo entre 341,5-420,3.

En el análisis de estos datos con el estimador de Leslie, la estimación de la abundancia para este segundo sector de la vertiente 6, resultó ser un estimado de 373 peces con un error estándar de $\pm 33,4$. El intervalo de confianza, en esta oportunidad, fue de 266,7 a 479,1 peces en 25 m².

En la Tabla 8, se muestra la tercera y última extracción o experimento en la vertiente 6, la cantidad de peces capturados fue la siguiente:

Tabla 8: Números de peces capturados desde el tercer cuadrante de malla de la vertiente 6.

Tercera réplica	N° de peces
Primera pasada	9
Segunda pasada	9
Tercera pasada	4
Cuarta pasada	9
Quinta pasada	3

Esta última remoción, al encontrarse en un hábitat distinto a las dos anteriores señala una baja importante en la cantidad de peces capturados en este sector de la vertiente. La estimación de abundancia poblacional con el método de máxima verosimilitud, fue de 58 peces en 25 m², con un error de $\pm 2,39 \times 10^8$ y con un intervalo de $0-7,61 \times 10^8$, con valores muy imprecisos, respecto de las estimaciones anteriores. Este método espera que la cantidad de peces removidos decaiga en cada pasada, por lo tanto, que se hayan removido 9, 9, 4 y luego 9 de nuevo y después 3 peces, el error en la estimación es muy grande.

El análisis con el Estimador de Leslie, dio un resultado de 55 peces por 25 m², con un error de $\pm 24,3$, con un intervalo de confianza de $0-132,2$ peces, lo cual parece ser bastante más acotado que con el método anterior. Sin embargo, la estimación en uno u otro método es bastante similar.

En la Tabla 9, se resumen las estimaciones de abundancia para la vertiente 6 en sus tres cuadrantes de malla con los dos métodos utilizados; máxima verosimilitud y Estimador de Leslie:

Tabla 9: Estimación de abundancia, para los tres sectores escogidos de la vertiente 6 con el método de máxima verosimilitud y estimador de Leslie.

VERTIENTE 6	Máxima verosimilitud	Estimador de Leslie
Primer cuadrante	377±177,6	381±285
Segundo cuadrante	381 ±12,4	373±33,4
Tercer cuadrante	58±2,39x10⁸	55±24,3

Estimación de la abundancia en la vertiente 11.

Los peces que se lograron capturar en el primer cuadrante de malla se muestran en la Tabla 10, en esta oportunidad el método de extracción sucesiva de los peces sólo permitió hacer dos pasadas (producto del mal tiempo).

Tabla 10: Número de peces capturados en el primer cuadrante de malla en la vertiente 11 mediante el método de Extracción Sucesiva.

Primera réplica	N° de peces
Primera pasada	10
Segunda pasada	9

Con esta metodología, de realizar solo dos pasadas, se utilizó el método de remoción generalizada de Otis, el cual dio una estimación de 100 peces en 25 m², con un error estándar de ±392,3. Esta estimación es poco confiable por la magnitud del error.

Los peces capturados en el segundo cuadrante de la vertiente 11, se muestran en la Tabla 11, también fueron posibles al igual que la vez anterior solo dos pasadas.

Tabla 11: Número de peces capturados en el segundo cuadrante de malla de la vertiente 11 mediante el método de Extracción Sucesiva.

Segunda réplica	N° de peces
Primera pasada	2
Segunda pasada	2

Al igual que la vez anterior, los datos obtenidos fueron insuficientes, para el método de remoción generalizada de Otis, la estimación no arroja valor, llevando la estimación de abundancia al infinito.

En la Tabla 12, se muestra un resumen de las estimaciones de abundancia para la vertiente 11 en sus dos cuadrantes con el método de remoción generalizada de Otis:

Tabla 12: Estimación de abundancia, para los dos sectores escogidos de la vertiente 11 con el método de Remoción generalizada de Otis.

VERTIENTE 11	Método de remoción generalizada de Otis
Primer cuadrante	100±392,3
Segundo cuadrante	Infinito

DISCUSIÓN

Análisis comparativo de variables biométricas de *Orestias* entre vertientes.

Si bien, al comparar los datos de longitud estándar de los peces entre ambas vertientes, no señalaron diferencias significativas, si hubo diferencias al comparar el peso total, utilizando la longitud estándar como covariable. Utilizando los valores en logaritmo decimal en el análisis de covarianza del Peso total ~ Longitud estándar entre las dos vertientes indicó que existe una diferencia constante en el peso de las *Orestias*: los peces tienen un mayor peso en la vertiente 6, independiente del largo de los individuos. Esto quiere decir que haciendo una comparación apropiada (los individuos pequeños, medianos y grandes, comparados con individuos pequeños, medianos y grandes) siempre tienen menor peso en la vertiente 11 y mayor peso en la vertiente 6. Las características de disponibilidad de hábitat de la vertiente 6 con presencia de macrófitas que sustentan biodiversidad acuática citada como alimento para los peces (Riveros y col., 2012; Sobarzo, 2014.), permitirían concluir que los peces presentan un mayor peso corporal a la misma longitud estándar en relación a los peces de la vertiente 11, la cual presenta un hábitat muy intervenido.

Si bien se decidió *a priori* no eliminar a ningún pez por su crítico estado de conservación, aparentemente la imposibilidad de sexar los individuos no fue un problema, ya que se puede inferir algunas de las condiciones de los peces presentes en la vertiente 6 que hacen la diferencia; las hembras y machos presentes en la vertiente 6 se encuentran con mejores condiciones en el hábitat que los alberga. Si perdemos

adultos, y perdemos juveniles, en promedio el tamaño del ensamble puede no cambiar. Si esto ocurre, entonces el efecto no se observa en el tamaño promedio de los individuos, sino que, se observa en la abundancia total.

Las diferencias significativas que mostró este análisis comparativo se debería a una mejor calidad del agua y/o mayor cantidad e ingesta de alimento por parte de los peces en la vertiente 6, lo que se expresa en un mejor estado fisiológico (Zamora y col., 2009).

La extracción de agua que existe de manera permanente en la vertiente 11 estaría provocando una reducción del hábitat disponible (menos agua) para los peces. Si hay menos agua se genera una menor capacidad de dilución, generando una mayor eutrofización y, por lo tanto, aumentan las macrófitas y aumenta la materia orgánica.

Estas condiciones en la vertiente 11, podría estar afectando a la capacidad de reproducción y crecimiento de los peces, lo que se manifiesta en su baja abundancia y su menor peso corporal en comparación a los ejemplares de la vertiente 6 a la misma longitud corporal.

Estimación de abundancia y densidad de *Orestias* en las vertientes 6 y 11.

En la vertiente 11 se presentaron dificultades en el muestreo, por efecto del viento.

Ante los efectos naturales, climatológicos y extracción de agua, sería conveniente incrementar el número de muestreos con el propósito de mejorar la información en relación a la conservación de las poblaciones en peligro de extinción.

El efecto antrópico, en especial la disminución del volumen de agua y la disminución de la biodiversidad natural, que incluso ha secado parte de esta vertiente (I. Vila comunicación personal), afectaría la presencia y abundancia de peces en esta vertiente.

En una población natural, como la estudiada, varios factores pueden conducir a la extinción de una especie. Algunos de los sucesos ambientales extremos, tales como sequías, inundaciones, casos de temperaturas extremas, pueden funcionar para aumentar las tasas de mortalidad y reducir el tamaño poblacional a niveles extremos cuando éstos han excedido los límites de tolerancia. La escasez severa del recurso agua, causada por los factores antrópicos, podría provocar una reducción grave de la población y una posible extinción, si la base de los recursos no se recuperara a tiempo para permitir una adecuada alimentación y reproducción de los sobrevivientes (Smith & Smith, 2007).

El balance hidrológico negativo y la creciente demanda de agua en el salar, principalmente para minería (Contreras, 2002), el aislamiento geográfico, su distribución altamente restringida y muy fragmentada, disponibilidad limitada del recurso hídrico y las grandes fluctuaciones en el tamaño del hábitat, son responsables del progresivo secado de las vertientes del salar y disminución de las macrófitas, razón principal por la cual la población de *O. ascotanensis* se encuentra en peligro de extinción (Vila y col., 2007; Riveros y col., 2012).

Dado el carácter único y altamente vulnerable de esta especie es de suma importancia efectuar acciones de conservación para el resguardo de sus subpoblaciones, que estén centradas tanto en la protección y restauración del ecosistema particular en el cual habitan, como también en la evaluación de medidas directas de sus subpoblaciones.

Como medidas de conservación se ha propuesto la restauración de la hidrología y vegetación de la zona, junto con planes de reproducción artificial para restablecer las subpoblaciones más afectadas (Vila y col., 2007; Macaya, 2015).

La evolución del salar, que se ha fragmentado en vertientes, ha disminuido sus aguas, disminuyendo así el hábitat de los peces, afectando a las macrófitas, en donde se reproducen, alimentan y refugian (Vila y col., 2010). Esto, sumado a la intervención de la vertiente 11 en la extracción de agua para minería del cobre y minería no metálica (Contreras, 2002), ha producido que por épocas parte de la vertiente 11 se presente seca, fragmentando el lugar donde habitan las Orestias, lo cual se puede observar en la Figura 10, imagen que fue capturada al momento de realizar trabajo en la vertiente. Esto da cuenta de los efectos de la intervención antrópica del lugar, lo cual deja incomunicados a los peces por un período de tiempo.



Figura 10: Fragmentación del hábitat en la vertiente 11. (Fotografía tomada en terreno).

Dentro de este panorama, ha sido de interés comparar estas dos vertientes; una con extracción continua de agua por parte de las mineras del área, con otra vertiente con una intervención notablemente menor.

Debido a la intervención en el lugar, indudablemente se ha afectado el hábitat de los peces, presentando diferencias en las variables biométricas de los peces y una baja abundancia. Se propone seguir midiendo estas variables, acerca de las cuales no se tiene información anterior por falta de estudios (Ministerio del Medio Ambiente (MMA), 2016). Así obtener un seguimiento y posteriormente llegar a programas de conservación futuros.

CONCLUSIÓN

- Las dos vertientes del salar de Ascotán (6 y 11), las cuales presentan un tamaño y estructura de hábitat diferentes, no mostraron diferencias significativas en la abundancia poblacional de *Orestias ascotanensis*.
- Se detectaron diferencias significativas al comparar el peso total de los peces, utilizando la longitud estándar como covariable. Los peces que habitan la vertiente 6 (que se encuentra con un impacto antrópico menor), poseen una diferencia constante mayor en relación a los peces que habitan la vertiente 11. Por lo tanto, los peces de la vertiente 6 tienen un peso corporal mayor a los que habitan la vertiente 11.
- La intervención histórica de la vertiente 11 por el sector minero, que incluso se ha visto seca en algún tiempo, junto con la evolución del salar ha provocado que los peces que habitan este hábitat presenten una baja abundancia poblacional y variables biométricas diferentes en comparación con los peces que habitan la vertiente 6, que no se encuentra intervenida antrópicamente o por muy debajo de lo que se encuentra la vertiente 11.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, P. 1993. Aspectos generales del clima en el Altiplano sudamericano. En: Segundo Simposio internacional de Estudios Altiplánicos. Arica, Chile. 19-21 octubre 1993. Vicerrectoría Académica y Estudiantil, U. de Chile. p. 63-69.
- Berger, J. 1990. Persistence of different-sized populations: An empirical assessment of rapid extinctions in bighorn sheep. *Conservation Biology* 4:91-98.
- Borcard, D., Legendre, P. 2007. R-language functions. URL:
<http://adn.biol.umontreal.ca/Rcode/> (Visitado el 30 de mayo de 2016).
- Contreras, J. 2002. Norte de Chile: Conservación de humedales altoandinos para un desarrollo productivo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo* 18, 4: 125-131.
- Cowx, I.G. 1983. Review of methods for estimating fish population size from survey removal method. *Fish Manage.* 14, 67-82.
- González, L. 1999. La variación espacial en la abundancia de especies. *Circular Guanabios* 1: 34. URL: <http://www.guanabios.org/circular/1-10/1-10-34.html>. (Visitado el 20 de enero de 2017).
- Gould, W., Pollock, K. 1997. Catch-effort maximum likelihood estimation of important population parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 890-897.

- Gulland, J. 1977. Fish Population Dynamics, John Wiley, London.
- Higgins, P. 1985. An interactive computer program for population estimation using the Zippin method. *Aquaculture Fish.Manage.* 1, 287-295.
- Keller, B., Soto, D. 1998. Hydrogeologic influences on the preservation of *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae), in Salar de Ascotán, northern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural.* 71: 147-156.
- Leslie, P., D. H.S. Davis. 1939. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *Journal of Animal Ecology.* 9: 94-113.
- Lucas M.C., Baras E. 2000. Methods for studying spatial behaviour of freshwater fishes in the natural environment. *Fish and Fisheries* 1: 283-316.
- Macaya, C. 2015. Aportes al conocimiento de la reproducción y primeros estadios del ciclo de vida de *Orestias ascotanensis* Parenti (Teleostei: Cyprinodontidae). Tesis de pregrado para optar al Título de Bióloga con mención en Medio Ambiente. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Chile.
- Martínez, G., Bugueño, N., Vila, I. 1999. *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 en el salar de Ascotán. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural.* 12:7-12.
- Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2016. Inventario Nacional de especies de Chile. URL: <http://especies.mma.gob.cl>. (Visitado el 8 de Septiembre de 2015).

- Morales, P. 2009. Diferenciación genética y conectividad en ambientes fragmentados: el caso de *Orestias* (Teleostei; Cyprinodontidae) de los salares de Ascotán y Carcote en el altiplano chileno. Tesis de Magíster en Ciencias Biológicas con mención en Ecología y Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Morales, P., Vila, I., Poulin, E. 2011. Genetic structure in remnant populations of an endangered cyprinodontid fish, *Orestias ascotanensis*, endemic to the Ascotán salt pan of the Altiplano. *Conservation Genetics*.12: 1639–1643.
- Orea, D., Villarino, M. 2013. Evaluación de impacto ambiental. Pp 155-156. Mundi-Prensa Libros.
- Otis, D., K. P. Burnham, G. C. White., D. R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. *Wildlife Monographs*. 62: 1-135.
- Parenti, L. 1984. A taxonomic revision of the Andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bulletin of the American Museum of the Natural History*. 178: 107-214.
- R Core Team. 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Journal of the Fisheries. Research Board of Canada*. 191: 1- 382.

- Riveros, J., Vila, I., Méndez, M. A. 2012. Nicho trófico de *Orestias agassii* (Cuvier & Valenciennes, 1846) del sistema de arroyos del salar de Huasco (20° 05'S; 68° 15'W). *Gayana (Concepción)*, 76: 79-91.
- Schwarz, C., Seber, G. 1999. A review of estimating animal abundance III. *Statistical Science* 14: 427-456.
- Seber, G. 1973. *The estimation of Animal Abundance and Related Parameters*, Griffin, London.
- Scott, S., Dorador, C., Oyanedel, J. P., Tobar, I., Hengst, M., Maya, G., Vila, I. 2015. Diversidad microbiana y componentes tróficos de dos humedales de altura del altiplano chileno. *Gayana (Concepción)*, 79: 45-56.
- Seoane, J., Viñuela, J., Díaz-Delgado, R., Bustamante, J., 2003. The effects of land use on red kite distribution in the Iberian Peninsula. *Biological Conservation* 111: 401-414.
- Smith, T.M., Smith, R.L. 2007. *Ecología*. 6° edición. Propiedades de las poblaciones, pp 196-204. Pearson Educación, S.A, Madrid.
- Sobarzo, G. 2014. Dieta de *Orestias ascotanensis* Parenti en tres vertientes del salar de Ascotán. Tesis para optar al grado de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Chile.
- Teillier, S. 2000. Flora del Salar de Ascotán, Región de Antofagasta II Región, Chile. *Revista Chilena de flora y vegetación Chloris Chilensis*. URL: <http://www.chlorischile.cl>. (Visitado el 10 de octubre de 2016).

- Vila, I., Muhlhauser, H. 1987. Dinámica de lagos de altura, perspectivas de investigación. Archivos de Biología y Medicina Experimentales, 20, 95-103.
- Vila, I., Méndez, M., Scott, S., Morales, P., Poulin, E. 2007. Threatened fishes of the world: *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 (Cyprinodontidae). Environmental Biology of Fishes. 80: 491–492.
- Vila, I., Morales, P., Scott, S., Poulin, E., Véliz, D., Harrod, S., Méndez, M. 2013. Phylogenetic and phylogeographic analysis of the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) in the southern Chilean Altiplano: the relevance of ancient and recent divergence processes in speciation. Journal of Fish Biology.82: 927–943.
- Vila, I., Scott, S., Lam, N., Iturra, P., Méndez, M. 2010. Karyological and morphological analysis of divergence among species of the killifish genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) from the southern Altiplano. Pp 471-480 in: J. S. Nelson, H.-P. Schultze & M. V. H. Wilson, (Eds.). Origin and Phylogenetic interrelationships of teleosts. Honoring Gloria Arratia. Verlag Dr. Pfeil, München, Germany.
- Vila, I., Veloso, A., Schlatter, R., Ramírez, C. 2006. Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. 1ª edición. Peces límnicos: diversidad, origen y estado de conservación, pp 84-85. Editorial Universitaria, S.A, Santiago de Chile.
- Zamora, L., Vila, A., Naspleda, J. 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Elozegi, A y Sabater, S (Eds.): pp 278-287. 1º ed., Fundación BBVA.