



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**DIETA DE *Orestias ascotanensis* Parenti EN TRES VERTIENTES DEL
SALAR DE ASCOTÁN**

GABRIELA PAZ SOBARZO OPAZO

Tesis para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

PROFESOR GUÍA: IRMA VILA PINTO

SANTIAGO, CHILE
2014

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por darme la oportunidad de estudiar esta carrera y el apoyo recibido durante todos estos años y a mis hermanas por acompañarme en este proceso. También agradecer a Rubén por su apoyo y compañía. Además quiero agradecer a mi profesora guía Irma Vila por recibirme en el laboratorio de Limnología y transmitirme todos los conocimientos para poder realizar mi tesis. También agradecer a todos los integrantes del laboratorio por su grata compañía y ayuda.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
III.OBJETIVO GENERAL	14
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1 Área de estudio	15
5.2 Obtención de muestras.....	16
5.3 Variables físicas y químicas	17
5.4 Análisis de las muestras.....	17
VI. RESULTADOS	20
6.1 Variables físicas y químicas.....	20
6.2 Individuos capturados	21
6.3 Oferta	21
6.4 Dieta.....	24

6.5 Diversidad.....	26
6.5.1 Índice de diversidad Shannon-Wiener.....	26
6.6 Selectividad trófica.....	26
6.6.1 Selectividad α de Manly.....	26
6.6.2 Selectividad ϵ de Chesson.....	28
VII. DISCUSIÓN.....	30
VIII. CONCLUSIONES.....	40
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis <i>in situ</i> del agua de las vertientes del Salar de Ascotán	20
Tabla 2. Análisis químico del agua de las vertientes del Salar de Ascotán.	21
Tabla 3. Oferta ambiental de las vertientes 3, 5 y 10.....	22
Tabla 4. Contenido estomacal de la vertiente 3, 5 y 10.	24
Tabla 5. Índice de Shannon-Wiener de las vertientes 3, 5 y 10.....	26
Tabla 6. Índice de selectividad de Manly y de Chesson para las vertientes 3, 5 y 10.	27
Tabla 7. Riqueza y abundancia del contenido estomacal y oferta ambiental de <i>Orestias agassii</i> del Salar de Huasco. Fuente: Modificado de Riveros <i>et al.</i> , 2012.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Salar de Ascotán y sus vertientes. Fuente: Modificado de Morales <i>et al.</i> , 2011..	16
Figura 2. Abundancia (%) de la oferta ambiental en (a) vertiente 3, (b) vertiente 5 y (c) vertiente 10.	23
Figura 3. Abundancia (%) del contenido estomacal en (a) vertiente 3, (b) vertiente 5 y (c) vertiente 10.	25
Figura 4. Índice de selectividad de Chesson para la vertiente 3.	28
Figura 5. Índice de selectividad de Chesson para la vertiente 5.	29
Figura 6. Índice de selectividad de Chesson para la vertiente 10.	29
Figura 7. Odonato del género <i>Aeschna</i> (Foto de Ingrid Alvial).	34
Figura 8. Díptero del género <i>Chironomus</i> en su estado larval (Foto de Ingrid Alvial).	35
Figura 9. Microcrustáceo Ostrácoda (Foto de Ingrid Alvial)	36
Figura 10. Gastrópodo del genero <i>Biomphalaria</i> (Foto de Ingrid Alvial).	38
Figura 11. Gastrópodo del género <i>Heleobia</i> (Foto de Ingrid Alvial).	39
Figura 12. Crustáceo del género <i>Hyaella</i> (Foto de Ingrid Alvial).	38

RESUMEN

Orestias es un género de pez especioso y distribuido exclusivamente en los sistemas de altura de los Andes o Altiplano. Históricamente los sistemas altiplánicos han experimentado cambios hidrológicos importantes, convirtiendo a la región en uno de los sitios más áridos del mundo a lo cual se agrega hoy la demanda alta por el agua. El balance hidrológico negativo y la creciente disminución del agua, principalmente para minería, son responsables del progresivo secado de varias vertientes que drenan al Salar de Ascotán, el cual es uno de los humedales importantes de la región y poblado por la especie *Orestias ascotanensis* Parenti. Los cambios en volumen del agua y su incremento en contenido salino han disminuido progresivamente la población de *O. ascotanensis* y esta ha sido clasificada en peligro de extinción. Por lo tanto, ha sido de importancia ampliar los conocimientos acerca de esta especie a la hora de buscar herramientas para poder contribuir a su protección. En este trabajo se estudió la alimentación de *O. ascotanensis* relacionándola con la oferta ambiental. Se analizaron los contenidos estomacales de 31 individuos provenientes de la vertiente 3, 5 y 10 del Salar de Ascotán. Conjuntamente se analizó la oferta ambiental de las vertientes 3, 5 y 10. Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para las tres vertientes estudiadas, señalando la vertiente 3 un índice de diversidad bajo en comparación con las vertientes 5 y 10. Además se calculó el índice de selectividad de Manly estandarizado por Chesson para estudiar las preferencias dietarias de *O. ascotanensis*. Los ítems con mayor selección positiva fueron en la vertiente 3 el odonato *Aeschna*, en la vertiente 5 un díptero de especie indeterminada y la vertiente 10 el ostrácodo *Amphicypris* cf. Se realizó un análisis *in situ* de la calidad física del agua y se obtuvo información del análisis químico del agua que realiza la minera Abra en el que se puede evidenciar que el Salar de Ascotán es un sistema clorurado sódico. Los resultados de preferencia dietaria indican que *O. ascotanensis* tiene una alimentación especialista seleccionando determinados ítems de la oferta ambiental.

ABSTRACT

Orestias is a specious genus of fish and exclusively distributed at the highland systems of the Andes or Altiplano. Historically the highland hydrological systems have undergone major changes, making the region one of the driest places in the world to which the high demand for water is being presently added. The negative water balance and the growing shortage of water, mainly for mining, are responsible for the progressive drying of various springs that drain to the Salar de Ascotán, which is one of the important wetlands in the region populated by the species *Orestias ascotanensis* Parenti. Changes in water volume and increase in salt content have progressively decreased the population of *O.ascotanensis* and it has been classified as endangered. Therefore, it was important to expand knowledge about this species when looking for tools to contribute to their protection. This work was centered in the feeding of *O. ascotanensis* relating it to environmental offer. Stomach contents of 31 individuals from the spring 3, 5 and 10 of the Salar de Ascotán were analyzed. Simultaneously, environmental offer of spring 3, 5 and 10 were analyzed. Diversity of Shannon-Wiener index was calculated for the three springs studied indicating an index of diversity low for the spring 3 compared to the spring 5 and 10. Additionally, the selectivity of Manly index standardized by Chesson was calculated to study the dietary preferences of *O. ascotanensis*. The items with more positive selection occurred in the spring 3 with the dragonfly *Aeschna*, in spring 5 undetermined species of Diptera and in the spring 10 the ostracod *Amphicypris cf.* Also, an *in situ* analysis of the physical water quality data was performed and the chemical analysis of the water with data from El Abra mine characterizes the Ascotán salar water as sodium chlorinated. The results of dietary preference indicate that *O. ascotanensis* has a specialist feeding selecting certain items of the environmental offer.

I. INTRODUCCIÓN

El Salar de Ascotán (22°S, 68°W. 3720 msnm) se encuentra ubicado en el Altiplano chileno en la región de Antofagasta, en la cadena volcánica de los Andes. Este salar es parte de una cuenca endorreica, el agua superficial se limita a los márgenes del salar donde es alimentado por vertientes. En primavera, se produce una corriente de agua dulce que fluye desde el este hacia el salar varios cientos de metros generando un humedal con vegetación terrestre y acuática. El clima del Salar de Ascotán es muy seco, ventoso con grandes fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, siendo estas extremas en invierno. Las precipitaciones son inusuales y generalmente ocurren solo durante el verano debido a las tormentas tropicales procedentes del Atlántico (Keller y Soto, 1998). Estos factores habrían estimulado el proceso de especiación, lo cual permitió la evolución del pez *Orestias ascotanensis* Parenti 1984, descrito solo para este sistema (Martínez *et al.*, 1999; Vila *et al.* 2010).

Actualmente *O. ascotanensis* se distribuye en pequeñas poblaciones aisladas de unos pocos cientos de individuos, que toleran salinidades no superiores a 2–4 g l⁻¹ de sólidos totales disueltos. Son peces que se agrupan en cardúmenes, independientes de su tamaño. Tienen actividad diurna en la superficie y parte media del agua de las vertientes que drenan el Salar. Se distribuyen en las macrófitas, especialmente entre las ramas de *Potamogeton* sp., que le proporciona protección de la depredación por aves. En general se cita que su alimento estaría constituido principalmente por caracoles, larvas de insectos acuáticos y microcrustáceos (Vila *et al.*, 2007). Estos peces alcanzan los 6 y 7 cm de largo total, presentan dimorfismo sexual, alcanzando las hembras tamaños mayores que los machos (Parenti, 1984).

El balance hidrológico negativo y la creciente demanda de agua, principalmente para minería, 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 *et al.*, 2007).

Además existe una alta probabilidad que el ecosistema donde vive *O. ascotanensis* continúe siendo cada vez más árido debido al cambio del clima y la actividad minera que utiliza agua de las vertientes para procesos industriales (Morales *et al.*, 2011). Por lo tanto, es importante ampliar los conocimientos acerca de esta especie a la hora de buscar herramientas para poder contribuir a su protección, restaurando la vegetación e hidrología del salar con la mantención adecuada de volúmenes de agua que conserven su hábitat (Vila *et al.*, 2007), factores claves en el proceso de alimentación y por ende del crecimiento de la especie. Considerando estos aspectos, este trabajo intenta identificar la oferta ambiental y relacionarla con la alimentación de *O. ascotanensis* para poder establecer su dieta. Lo anterior reviste importancia puesto que no se dispone de información detallada acerca de su dieta.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El altiplano recibe muy poca precipitación anual, que proviene principalmente de tormentas ocasionales en la cuenca del Amazonas que cruzan la cordillera occidental (Márquez *et al.*, 2009). La media de la precipitación anual en la región Altiplánica es de 200-250 mm, la temperatura media anual es de 4,2° C. El promedio de temperatura mínima mensual es de -2° C, con un mes de promedio máximo de 5,1° C y un rango de temperatura diurna de 25-30° C (Moreno *et al.*, 2009). Las cuencas de drenaje son una de las más áridas en el planeta (Márquez *et al.*, 2009). En este clima, la evaporación excede a las precipitaciones y no hay excedente hídrico (Aceituno, 1993).

En el sur del altiplano (entre 17° y 22°S; Fig. 1), los cambios geológicos dieron como resultado la presencia de un gran número de salares, lagunas y manantiales endorreicos donde las interconexiones contemporáneas entre ecosistemas de agua dulce son exclusivamente subterráneos (Vila *et al.*, 2013). Esta área se caracteriza por un balance hidrológico negativo, lo que unido a los aumentos de temperatura en el ambiente, ha llevado a salinidades elevadas en todos los sistemas acuáticos (es decir salares, lagunas y manantiales), aunque estos a menudo tienen diferentes características fisicoquímicas (Vila *et al.*, 2013).

En estos ecosistemas se distribuye el género *Orestias* Valenciennes 1846, que corresponde a peces que habitan en las regiones altiplánicas de Chile, Perú y Bolivia. Este género es endémico de la zona altiplánica y su rango de distribución se extiende desde la provincia de Ancash en Perú (10° S) hasta la provincia de Antofagasta en el Norte de Chile (22° S). (Martínez *et al.*, 1999) Esta ictiofauna comprende un grupo de especies Cyprinodontidae que probablemente han poblado esta meseta de elevada altitud desde el Mioceno (Vila *et al.*, 2013).

Orestias spp. se distribuye en un hábitat conformado por humedales de flujo variable, lagunas de aguas salobres y lagos profundos. Las especies del Sureste Altiplánico de Chile fueron descritas por primera vez por Arratia (1982) y Parenti (1984) en una revisión del género. Dentro de *Orestias* spp. Parenti (1984) define cuatro complejos de especies:

cuvieri, *mulleri*, *gilsoni* y *agassii*. En Chile se citan las siguientes especies pertenecientes al complejo *agassii*: *O. laucaensis* Arratia, 1982, *O. parinacotensis* Arratia, 1982, *O. ascotanensis* Parenti, 1984 y *O. chungarensis* Vila y Pinto 1986, que se distribuyen en el río Lauca (18° S, 15° W), laguna de Parinacota (18° S, 69° W) y de bofedales contiguos, salar de Ascotán (21° S; 68° W) y lago Chungará (18° S, 69° W) respectivamente. Se agregan a estas *O. cf. agassii* citada para el salar de Huasco y río Isluga, *O. gloriae* recientemente descrita por Vila *et al.* (2011) en el salar de Carcote (21° S, 68° W) (Vila *et al.*, 2011) y *O. piacotensis* descrita en la Laguna de Piacota (18° S, 69° W) (Vila, 2006). Estas especies se describen distribuidas entre las macrófitas de los sistemas que habitan (Vila, 2011).

Esta investigación se centró en los hábitos alimentarios de la especie *O. ascotanensis*. La especie habita pequeñas vertientes aisladas (18 km² de superficie de agua total) que drenan el Salar de Ascotán, las cuales se separaron hace varios miles de años, lo que constituye un experimento natural caracterizado por un proceso histórico de un hábitat con extrema fragmentación a pequeña escala geográfica (Morales *et al.*, 2011). Considerando estas características del hábitat de *O. ascotanensis*, las poblaciones se caracterizaron en cuatro grupos, acorde con sus características genéticas, considerando las 12 vertientes en las cuales habitan.

La vertiente 1 constituye un grupo, ya que se encuentra aislada del resto, lo mismo ocurre con la vertiente 11 que constituye otro grupo aislado, además se caracterizó un tercer grupo constituido por las vertientes de la 2 a la 7 que tienen conexión entre ellas y un cuarto grupo que contiene las vertientes 8, 12, 9 y 10 que también mantiene cierto grado de conexión sobre todo en el período post lluvias (Vila *et al.*, 2013). De acuerdo con Keller y Soto (1998) las aguas que alimentan las vertientes que sustentan el Salar de Ascotán provienen de Caldera Pastos Grandes en Bolivia.

En relación con las características alimentarias de los peces, *O. ascotanensis* se encuentra dentro de la categoría de carnívoro bentívoro (Wootton, 1998) debido a que se alimenta de los macroinvertebrados bentónicos asociados a las macrófitas (Vila *et al.*, 2007). Este nivel

trófico también fue descrito para *O. cf. agassii*, considerado un pez carnívoro que busca activamente sus presas entre la vegetación de macrófitas (Guzmán y Sielfeld, 2009). Por lo anterior *O. ascotanensis* sería considerada un depredador debido a que se alimenta de ciertos organismos de niveles tróficos inferiores (Jaksic y Marone, 2007). Los depredadores se pueden clasificar en:

- Depredador oportunista: consume sus presas en igual proporción a la oferta ambiental. Este tipo de depredador se puede considerar generalista y minimizador de tiempo debido a que consume cualquier presa que pueda capturar en la mínima cantidad de tiempo (Jaksic y Marone, 2007).
- Depredador selectivo: consume preferencialmente una presa independiente de su rango de abundancia en el ambiente por lo tanto se puede considerar especialista y maximizador de energía debido a que busca la presa más rentable en términos de energía neta (Jaksic y Marone, 2007).

Debido a que a *O. ascotanensis* se le observa distribuida entre las macrófitas de borde de las vertientes del Salar de Ascotán, ha sido de interés conocer sus hábitos alimentarios. En otros sistemas como el Salar de Huasco y el Lago Chungará la alimentación de las orestias se relaciona con la fauna de invertebrados asociados a las macrófitas (Guzmán y Sielfeld, 2009; Vila y Pinto, 1986; Riveros *et al.*, 2012), por lo tanto se esperaría que la dieta de *O. ascotanensis* fuera de tipo generalista o especialista, siendo un pez que se alimenta de las presas disponibles entre las macrófitas donde se refugia.

En relación con las características morfológicas de esta especie, las hembras tienden a poseer más escamas que los machos y a presentar hileras completas de escamas laterales, mientras que los machos tienen solo una escama anterior, aumentando gradualmente a varias escamas posteriores. La característica que señala a *O. ascotanensis* fácilmente distinguible de las otras especies del complejo *agassii*, es la mayor longitud de la cabeza, alcanzando aproximadamente un 35% de la longitud estándar (Martínez *et al.*, 1999).

Referente a su reproducción, maduran al año de vida, viven tres a cuatro años e iteran desoves de pequeños lotes de huevos a lo largo de la temporada estival. Las hembras

desovan huevos de 2,0-2,5 mm de diámetro, cada uno con filamentos adhesivos largos que se adhieren a las macrófitas. La eclosión ocurre después de doce a catorce días. Los huevos, embriones y saco vitelino son altamente pigmentados en respuesta a la alta irradiación. Los alevines se alimentan de larvas de insectos en eclosión y permanecen entre las macrófitas (Vila *et al.*, 2007). Estos estudios indican que *O. ascotanensis* realiza un desove fraccionado que se produce naturalmente durante un tiempo prolongado (Primavera-Verano). En cuanto al dimorfismo sexual, las hembras son más grandes que los machos y se presenta dicromatismo el cual es mayor durante la reproducción cuando los machos adoptan un color amarillo dorado en sus costados y aletas (Jara *et al.*, 1995).

O. ascotanensis se cita distribuida entre las macrófitas acuáticas donde se reproduciría y alimentaría (Vila *et al.*, 2007). Sin embargo se desconoce información detallada acerca de los hábitos alimentarios. Este trabajo intenta definir la dieta de *O. ascotanensis* y relacionarla con la diversidad u oferta ambiental de macroinvertebrados presentes en las macrófitas en las cuales los peces se distribuyen, dilucidando si se trata de un depredador oportunista o selectivo.

III. OBJETIVO GENERAL

Definir la dieta de *O. ascotanensis* y relacionarlo con la diversidad de la oferta ambiental.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados presentes en las macrófitas de tres vertientes del Salar de Ascotán.
2. Determinar la riqueza y abundancia del contenido del tubo digestivo de *O. ascotanensis* provenientes de tres vertientes del Salar de Ascotán.
3. Establecer si hay preferencias dietarias de *O. ascotanensis* en relación a la oferta ambiental, comparando los resultados obtenidos en las tres vertientes.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

El muestreo se realizó en el Salar de Ascotán (22° S, 68° W 3720 msnm), Región de Antofagasta, en tres vertientes señaladas en la Figura 1 durante el mes de abril del año 2012. Los peces que habitan las vertientes están agrupados en cuatro grupos como se puede observar en la Figura 1. Esta agrupación se realizó debido a que las vertientes que contiene cada grupo mantienen poblaciones aisladas, ya que se encuentran comunicadas entre sí mediante napas subterráneas (Keller y Soto, 1998). La vertiente 1 contiene el primer grupo, las vertientes 2 a la 7 contiene el segundo grupo, en este grupo están contenidas la vertiente 3 y 5 que fueron muestreadas, en el tercer grupo están las vertientes de la 8 a la 10 más la 12, de este grupo se muestreó la vertiente 10 y finalmente la vertiente 11 que sustenta un cuarto grupo (Vila *et al.*, 2013). Estas vertientes presentan distintas características de borde, en relación con la presencia y abundancia de la vegetación de macrófitas con diferente grado de intervención antrópica. Además las vertientes 3 y 5 se encuentran en el grupo que contiene más vertientes comunicadas entre sí, a diferencia de la vertiente 10 que se comunica con menos vertientes (Morales *et al.*, 2011).

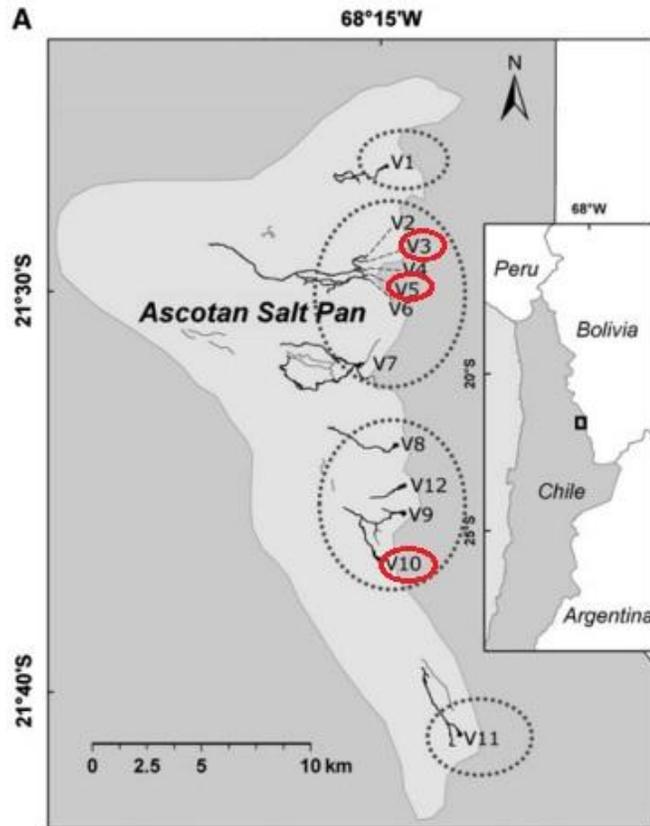


Figura 1. Salar de Ascotán y sus vertientes. Fuente: Modificado de Morales *et al.*, 2011.

5.2 Obtención de muestras.

La obtención de las muestras se realizó bajo el proyecto de investigación “The genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) in systems of the Lauca National Park, southwestern altiplano. Early differentiation? An integrated approach”. FONDECYT Regular, N°1110243, Chile. Se obtuvo un promedio de 10 ejemplares de *O. ascotanensis* por vertiente mediante pesca con redes manuales, obteniendo un total de 31 ejemplares. El número bajo de ejemplares obtenidos se debe a que la autorización de pesca de investigación de este proyecto permite disponer de máximo 10 ejemplares por sitio, debido a que la especie se encuentra en peligro de extinción. Antes de ser analizados, los peces fueron eutanasiados con una sobredosis de Tricaine methasulfonate (TMS, MS-222). Simultáneamente se obtuvo información de la oferta alimenticia obteniendo muestras

cuantitativas de la vegetación de macrófitas y su fauna asociada con un muestreador Hess modificado de 36 litros de volumen. Esto porque la literatura informa que el género *Orestias* se alimenta preferencialmente de la fauna asociada a la vegetación de macrófitas y fauna bentónica (Riveros *et al.*, 2012). Se obtuvo una muestra de cada vertiente más una réplica. La red tipo Hess es una variación del muestreador Surber, este muestreador permite evaluar por área de muestreo la fauna asociada (Ramírez, 2010).

Las muestras de macrófitas fueron fijadas en formalina al 4%. Posteriormente en el laboratorio los peces fueron medidos y diseccionados para extraerles el tubo digestivo completo debido a que no poseen diferenciación estomacal, este fue fijado en alcohol al 70% para posteriormente analizar su contenido (Elosegi y Sabater, 2009).

5.3 Variables físicas y químicas

Conjuntamente con la obtención de las muestras biológicas se caracterizó la calidad física y química del agua. Se analizó la temperatura del agua con termómetro digital Hanna, conductividad con conductivímetro y sólidos totales disueltos (STD) con conductivímetro portátil VWR y pH con potenciómetro portátil WTW. Los valores de aniones y cationes disueltos se obtuvieron de los controles realizados por la Compañía Minera El Abra.

5.4 Análisis de las muestras.

Los tubos digestivos conservados en alcohol fueron abiertos utilizando material de disección, para separar su contenido. Este fue examinado en una placa de Petri mediante una lupa binocular Nikon SMZ-10, iluminando la placa Petri con un Iluminador de fibra óptica NI-30 Nikon Instruments Inc. La separación se realizó utilizando pinzas, tijeras y pipetas. Se examinó y cuantificó todo el contenido para identificar los grupos taxonómicos a nivel de género (Dejoux e Iltis 1991; Elosegi y Sabater, 2009).

En las muestras de oferta ambiental se separaron los macroinvertebrados mediante la misma lupa binocular utilizando los aumentos necesarios, usando pinzas y pipetas (de vidrio y plásticas). Estos se separaron por unidades sistemáticas a nivel taxonómico de género. Posteriormente se contaron los individuos de cada género considerando como un individuo la presencia de su cabeza, preservándolos en alcohol etílico al 70% separados por género en tubos eppendorf (Elosegi y Sabater, 2009).

Los resultados del análisis de la oferta ambiental se analizaron con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1999) para obtener la diversidad presente en la oferta ambiental, donde:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i) \quad (1)$$

H' = Índice de diversidad de especies.

s = Número de especies

p_i = Proporción del total de muestras pertenecientes a i especies.

Mientras mayor sea el índice de Shannon-Wiener mayor será la diversidad de especies (Krebs, 1999).

Adicionalmente se calculó el índice de selectividad trófica alfa de Manly (Krebs, 1999) para establecer la existencia de preferencias dietarias de *O. ascotanensis* entre los diversos ítems presas presentes en el medio, donde:

$$\alpha_i = \frac{r_i}{n_i} \frac{1}{\sum_{j=1}^m \left(\frac{r_j}{n_j} \right)} \quad (2)$$

α_i = Índice α de Manly para el ítem presa i

r_i, r_j = Proporción de ítem presa i o j en la dieta (i y $j = 1, 2, 3, \dots, m$)

n_i, n = Proporción del ítem presa i o j en el ambiente

m = Número de ítems presa posibles.

Valores del índice mayores a $1/m$, sugieren selectividad sobre un determinado ítem presa, valores iguales a $1/m$ indican la no ocurrencia de selectividad y valores del índice inferiores a $1/m$, sugieren una no selectividad por un ítem presa, en otras palabras, se estaría evitando dicho ítem en la dieta (Krebs, 1999).

Una vez calculado el índice de Manly, este se estandarizará por el índice de selectividad de Chesson (Chesson, 1983), donde:

$$\varepsilon_i = \frac{m\alpha_i - 1}{(m - 2)\alpha_i + 1} \quad (3)$$

ε_i = Índice de selectividad de Chesson para el ítem presa i .

α_i = Índice α de Manly para el ítem presa i .

m = Número de ítems presa posibles.

El cálculo de este índice se realiza para estandarizar los valores de α_i en un rango entre -1 y 1, donde valores negativos representan un rechazo frente al ítem trófico, valores cercanos a 0 representan que el ítem se consume en función de la disponibilidad del medio, y valores positivos una selección sobre esos ítems en particular.

Las vertientes presentan distintas características de borde, por lo cual es interesante investigar si su alimentación es similar o diferente entre vertientes. Además de la fragmentación del hábitat debido a que las vertientes no se encuentran comunicadas entre ellas como se mencionó anteriormente, por lo cual es importante comparar la dieta de *O. ascotanensis* entre vertientes debido a las diferencias que podrían presentar entre ellas por su aislamiento geográfico, por lo tanto los cálculos de estos índices se realizaron por vertiente.

VI. RESULTADOS

6.1 Variables físicas y químicas.

La tabla 1 detalla las características físicas de las vertientes del salar de Ascotán. La temperatura en las vertientes 5 y 10 durante el período de obtención de los peces fue de 13,6 °C y 19,1°C respectivamente. El pH es básico y fue de 8,7 y 7,6 en la vertiente 5 y 10 respectivamente. La conductividad es muy alta, reflejando el contenido iónico del agua del salar la cual fue de 3930 mS/cm en la vertiente 5 y 6310 mS/cm en la vertiente 10. La vertiente 3 no fue muestreada ni monitoreada, pero esta se encuentra en el grupo de la vertiente 5, por lo tanto están comunicadas y se consideran para esta vertiente los datos de la vertiente 5.

Tabla 1. Análisis *in situ* del agua de las vertientes del Salar de Ascotán

Vertientes		V1	V2	V5	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V Oeste
pH		8,21	8,08	8,84	8,74	7,92	7,52	7,59	8,01	8,00	8,43
STD	mg/l	6746	1898	1927	1916	1937	3090	3091	2544	2861	17152
Conduc.	mS/cm	13770	3870	3930	3920	3950	6310	6310	5200	5750	35000
Salinidad	%	7,5	2,0	2,0	2,0	2,1	3,4	3,4	2,8	3,1	20,3
Temp.	°C	7,5	16,3	13,6	15,1	19,5	19,2	19,1	22,2	21,7	5,6

La tabla 2 detalla los valores de los aniones y cationes principales. El anión mayoritario es el cloruro conjuntamente con el catión sodio; esto calificaría el agua de las vertientes como cloruradas sódicas.

Tabla 2. Análisis químico del agua de las vertientes del Salar de Ascotán.

Vertientes		Análisis Físico - Químico									
		V1	V2	V5	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V Oeste
HCO ₃	mg/l	4	61	11	20	84	147	138	101	75	19
CO ₃	mg/l	59	0	87	92	0	0	0	0	0	583
OH	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD LAB. mg/L		14300	2768	2776	2589	2584	4732	4686	3816	3926	19800
CL	mg/l	4347	1073	1091	1102	1099	1931	1886	1536	1710	6758
SO ₄ , g/L	mg/l	303	221	201	189	188	259	265	221	258	3227
PH LAB.		8	7,9	8,7	8,5	7,9	7,5	7,6	8,0	8,0	8,3
Aluminio Disuelto	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Calcio Disuelto	mg/l	612	133	132	141	145	295	226	209	209	623
Cobre Disueltos	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hierro Disuelto	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,15	<0,05	0,38	<0,05
Magnesio Disuelto	mg/l	48	36	37	38	38	69	67	63	62	544
Manganeso Disuelto	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01
Potasio Disuelto	mg/l	130	46	47	49	53	72	69	64	80	819
Sodio Disueltos	mg/l	1814	465	489	508	549	717	709	656	821	6249

6.2 Individuos capturados

Se capturó un total de 31 individuos 21 hembras y 10 machos, de los cuales 13 individuos corresponden a la vertiente 3 (10 hembras y 3 machos), 10 individuos a la vertiente 5 (7 hembras y 3 machos) y 8 individuos a la vertiente 10 (4 hembras y 4 machos).

El tamaño de los individuos capturados fue medido utilizando la longitud estándar (LE). En la vertiente 3 se presentaron rangos entre 38- 56 mm, en la vertiente 5 entre 40- 63 mm y en la vertiente 10 entre 38- 43 mm.

6.3 Oferta

En la vertiente 3 se registraron 16 taxa en la oferta ambiental (Tabla 3). Los grupos con mayor abundancia correspondieron a gastrópodos del género *Biomphalaria* (5,6%), insectos de la familia Aphididae (5,4%), coleópteros del género *Austrelmis* (62,9%), crustáceos del género *Hyaella* (10,9%) y ácaros del género *Hydrozetes* (7,07%). El resto de los taxa registrados presentaron abundancias inferiores al 5% (Figura 2 a).

En cuanto a la vertiente 5, se registraron 18 taxa en la oferta ambiental (Tabla 3). Los grupos con mayor abundancia fueron gastrópodos del género *Heleobia* (10%), insectos de la familia Aphididae (6,9%), coleópteros del género *Austrelmis* (25,4%), crustáceos del

género *Hyaella* (18,8%) y ácaros del género *Hydrozetes* (31,2%). El resto de los taxa registrados presentaron abundancias inferiores al 5% (Figura 2 b).

La vertiente 10 presentó 19 taxa en la oferta ambiental (Tabla 3). Los grupos con mayor abundancia correspondieron a gastrópodos del género *Heleobia* (20,4%) y *Physa* (6,1%), coleópteros del género *Austrelmis* (13,1%) y ácaros del género *Hydrozetes* (46, 5%) y *Limnochares* (8,6%). El resto de los taxa registrados presentaron abundancias inferiores al 5% (Figura 2 c).

Tabla 3. Oferta ambiental de las vertientes 3, 5 y 10.

Clase	Orden	Familia	Genero	V 3*	V 5*	V 10*
Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	Pisidium	4	0	0
Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Biomphalaria	94,5	18	81
			Embrión <i>Biomphalaria</i>	0	0	1
			Postura <i>Biomphalaria</i>	0	0	17
		Physidae	<i>Physa</i>	0	0	407,5
		Littorinimorpha	Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	62,5	194,5
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrelmis</i>	1051	494	865,5
		Dystiscidae	<i>Liodesus</i>	0	2	0,5
	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	9,5	11	6
		Tabanidae	-	0,5	3	0
		-	especie indeterminada	0	0,5	0
		-	Pupa indeteterminada	0	2	0
	Homoptera	Aphididae	-	90,5	135,5	4,5
	Odonata	Coenagrionidae	<i>Protallagma</i>	6,5	5	18
		Aeshnidae	<i>Aeschna</i>	0,5	0	2
	Tricoptera	Hidrotíliidae	<i>Ochrotrichia</i>	12	5,5	0
Arachnoidea	Oribatida	Hydrozetidae	<i>Hydrozetes</i>	118	607,5	3072
		-	<i>Hydrozetes</i> en capsula	0,5	0	1
		-	especie indeterminada	0	0	45
Trombidiformes	Limnocharidae	<i>Limnochares</i>	12	3,5	572,5	
Crustacea	Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i>	182,5	366	100,5
Maxillopoda	Harpacticoida	Canthocamptidae	<i>Attheyella</i>	0	0	17,5
	Cyclopoida	Cyclopoidae	<i>Diacyclops</i>	0,5	69,5	0
			Nauplio	0	0,5	0
Ostracoda	Podocopida	Cyprididae	<i>Amphicypris</i> cf	23,5	25,5	34,5
Entognatha	Collembola	-	-	0	0,5	0

* Promedio del muestreo de la vertiente mas su replica

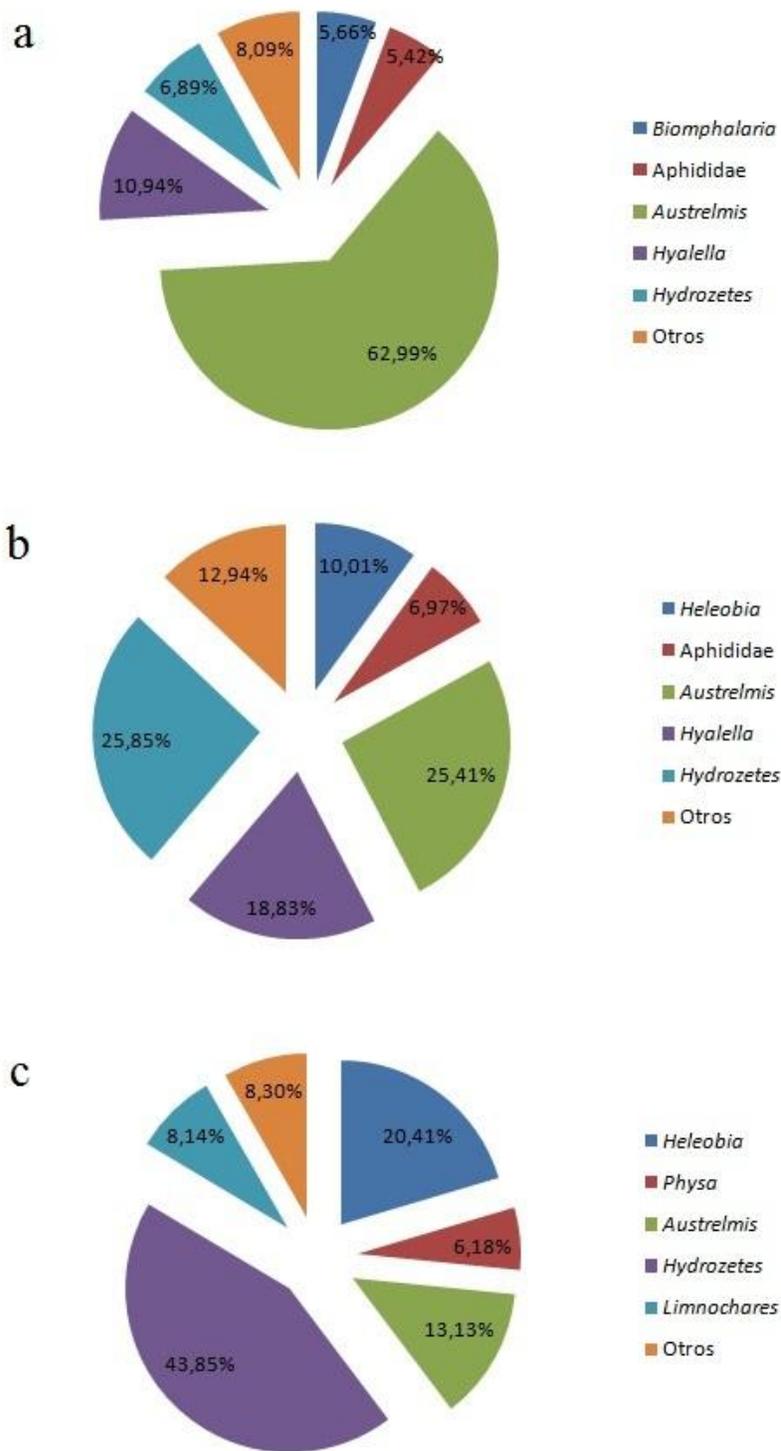


Figura 2. Abundancia (%) de la oferta ambiental en (a) vertiente 3, (b) vertiente 5 y (c) vertiente 10.

6.4 Dieta

El número de taxa encontrados en los estómagos de los individuos de *O. ascotanensis* en la vertiente 3 fueron 10, en la vertiente 5 se encontraron 11 y en la vertiente 10 fueron 8 (Tabla 4). En la vertiente 3 los grupos más representados en abundancia correspondieron a coleópteros del género *Austrelmis* (35,3%), crustáceos del género *Hyalella* (24,3%), ostrácodos (14,4%), gastrópodos del género *Heleobia* (11,9%) y *Biomphalaria* (7,4%). En menor grado fueron encontrados dípteros del género *Chironomus*, familia Ephydriidae y dípteros indeterminados, odonatos del género *Aeschna* y ácaros del género *Hydrozetes*, todos con abundancias menores al 5% (figura 3. a).

En la vertiente 5 los taxa más abundantes correspondieron a coleópteros del género *Austrelmis* (23,8%), crustáceos del género *Hyalella* (21,6%), Ostrácodos (15,1%), ácaros del género *Hydrozetes* (15,1%), dípteros del género *Chironomus* (9,03%) y gastrópodos del género *Biomphalaria* (8,06%). El resto de los taxa encontrados correspondientes a *Ochrotrichia*, *Heleobia*, díptero indeterminado, *Protallagma* y *Aeschna*, presentaron abundancias inferiores al 5 % (figura 3. b).

En la vertiente 10 los taxa más abundantes correspondieron a gastrópodos del género *Heleobia* (54,2%), ácaros del género *Hydrozetes* (16,2%), Ostrácodos (13,9%) y dípteros de la familia Ephydriidae (7,7%). El resto de los taxa encontrados correspondientes a *Austrelmis*, *Biomphalaria*, *Chironomus* y *Hyalella* presentaron abundancias inferiores al 5% (figura 3. c).

Tabla 4. Contenido estomacal de la vertiente 3, 5 y 10.

Taxon	V3	V5	V10
<i>Biomphalaria</i>	15	25	2
<i>Heleobia</i>	24	7	70
<i>Austrelmis</i>	71	74	6
<i>Chironomus</i>	4	28	1
Ephydriidae	2	0	10
Diptero	2	2	0
<i>Protallagma</i>	0	2	0
<i>Aeschna</i>	1	1	0
<i>Ochrotrichia</i>	0	10	0
<i>Hydrozetes</i>	4	47	21
<i>Hyalella</i>	49	67	1
<i>Amphicypris</i> cf	29	47	18

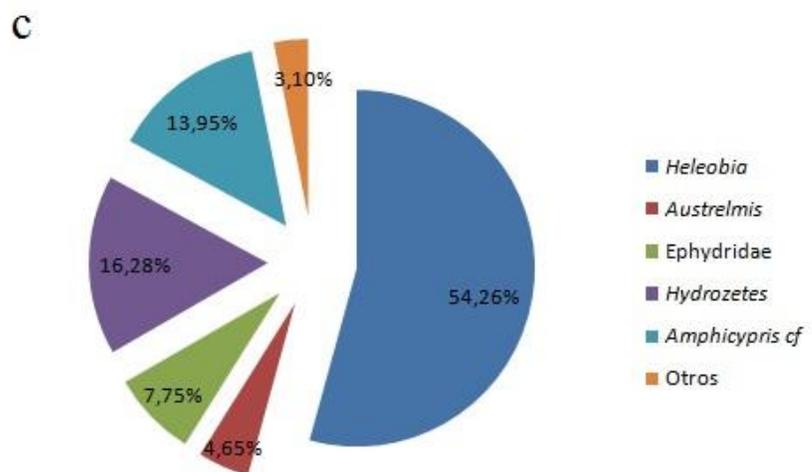
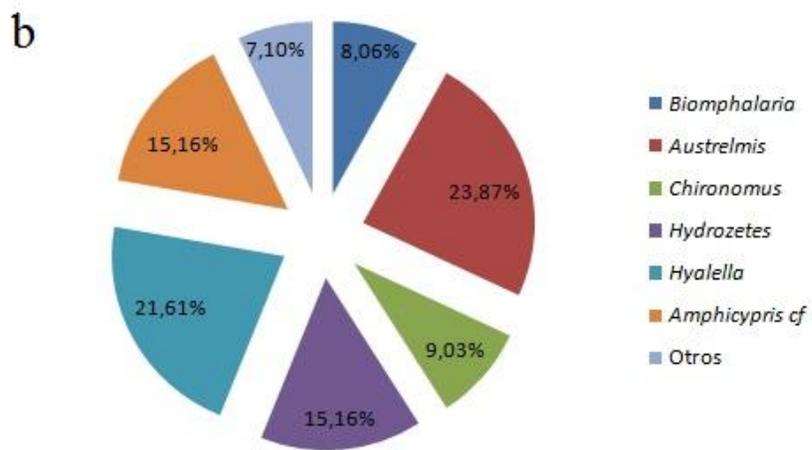
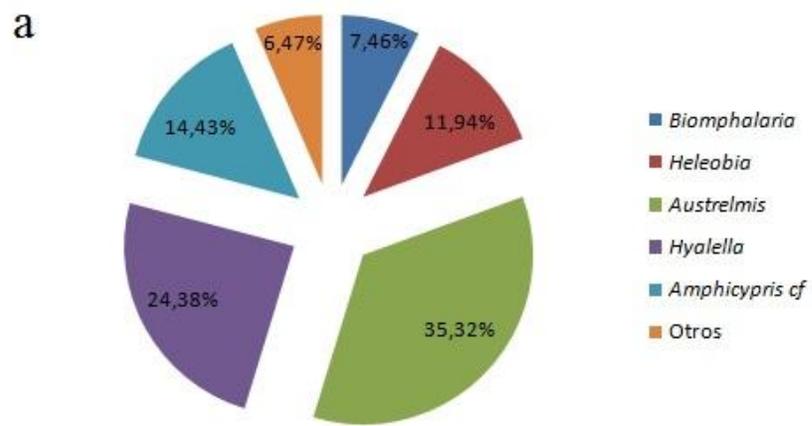


Figura 3. Abundancia (%) del contenido estomacal en (a) vertiente 3, (b) vertiente 5 y (c) vertiente 10.

6.5 Diversidad

6.5.1 Índice de diversidad Shannon-Wiener

Se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para la oferta ambiental de cada vertiente realizando el cálculo con logaritmo de 2, obteniendo el resultado en unidades de bits, los cuales fueron en la vertiente 3 un índice de 1,98 bits interpretado como una baja diversidad en comparación a la vertiente 5 que obtuvo un índice de 2,75 bits y en la vertiente 10 de 2,45 bits, lo que indica en estas dos últimas una diversidad intermedia (Tabla 5).

Tabla 5. Índice de Shannon-Wiener de las vertientes 3, 5 y 10.

Vertiente	Índice de Shanon-Wiener
3	1,99
5	2,75
10	2,46

* Índice con logaritmo base 2 unidad bits

6.6 Selectividad trófica

Los cálculos del índices α de Manly e índice de Chesson se realizaron por vertiente, para poder comparar resultados entre vertientes. Para el cálculo de dichos índices se consideró el número total de taxa disponibles en la oferta ambiental (m), esto es m=17 para la vertiente 3, m=20 para la vertiente 5 y m=21 para la vertiente 10. Considerando esto, los valores del índice α de Manly superiores a $1/m = 0,058$, $1/m=0,05$ y $1/m=0,047$, para la vertiente 3, 5 y 10 respectivamente, indican preferencia o selectividad positiva por un determinado taxón.

6.6.1 Selectividad α de Manly

Los resultados del cálculo del índice α de Manly indican que los individuos capturados en la vertiente 3 muestran una selectividad dietaria positiva por los taxa gastrópodos del género *Heleobia*, dípteros del género *Chironomus*, odonatos del género *Aeschna* y Ostrácoda, una selectividad negativa por gastrópodos del género *Biomphalaria*, coleópteros

del género *Austrelmis* y ácaros del género *Hydrozetes*, y una selectividad neutra a crustáceos del género *Hyaella* (Tabla 6)

Los resultados de los individuos capturados en la vertiente 5 muestran una selectividad dietaria positiva por los taxa *Biomphalaria*, *Chironomus*, Hydroptilidae, díptero adulto indeterminado, y Ostrácoda, y selectividad negativa por los ítems *Heleobia*, *Protallagma*, *Austrelmis*, *Hyaella* y *Hydrozetes* (Tabla 6).

Finalmente los resultados de los individuos capturados en la vertiente 10 muestran una selectividad positiva por los taxa *Heleobia*, *Chironomus* y Ostrácoda, y selectividad negativa por los ítems *Biomphalaria*, *Austrelmis*, *Hyaella* y *Hydrozetes* (Tabla 6).

Tabla 6. Índice de selectividad de Manly y de Chesson para las vertientes 3, 5 y 10.

Taxón	Vertiente 3		Vertiente 5		Vertiente 10	
	Manly (α)	Chesson (ϵ)	Manly (α)	Chesson (ϵ)	Manly (α)	Chesson (ϵ)
<i>Heleobia</i>	0,084	0,190	0,003	-0,896	0,066	0,171
<i>Biomphalaria</i>	0,035	-0,269	0,112	0,410	0,031	-0,215
<i>Austrelmis</i>	0,015	-0,613	0,012	-0,624	0,009	-0,699
<i>Chironomus</i>	0,092	0,238	0,205	0,660	0,211	0,685
Díptero	-	-	0,321	0,800	-	-
<i>Protallagma</i>	-	-	0,032	-0,226	-	-
<i>Aeschna</i>	0,438	0,851	-	-	-	-
<i>Ochrotrichia</i>	-	-	0,146	0,530	-	-
<i>Hydrozetes</i>	0,007	-0,786	0,006	-0,787	0,009	-0,702
<i>Hyaella</i>	0,05878	-0,0004	0,015	-0,558	0,013	-0,593
<i>Amphicypris</i> cf	0,270	0,711	0,148	0,535	0,661	0,950
1/m	0,05882		0,05		0,0476	

Valores en azul: selectividad positiva; valores en rojo: selectividad negativa; valores en negro: selectividad neutra.

6.6.2 Selectividad ϵ de Chesson

Al estandarizar los resultados del índice α de Manly obtenidos en la vertiente 3 por el índice de Chesson, las preferencias dietarias fueron las siguientes:

Vertiente 3: Ítems seleccionados positivamente: *Aeschna* y *Amphicypris cf.*; ítems consumidos en proporción a la oferta: *Heleobia*, *Hyaella*, *Chironomus* y *Biomphalaria*; ítems seleccionados negativamente: *Austrelmis* y *Hydrozetes* (Figura 4).

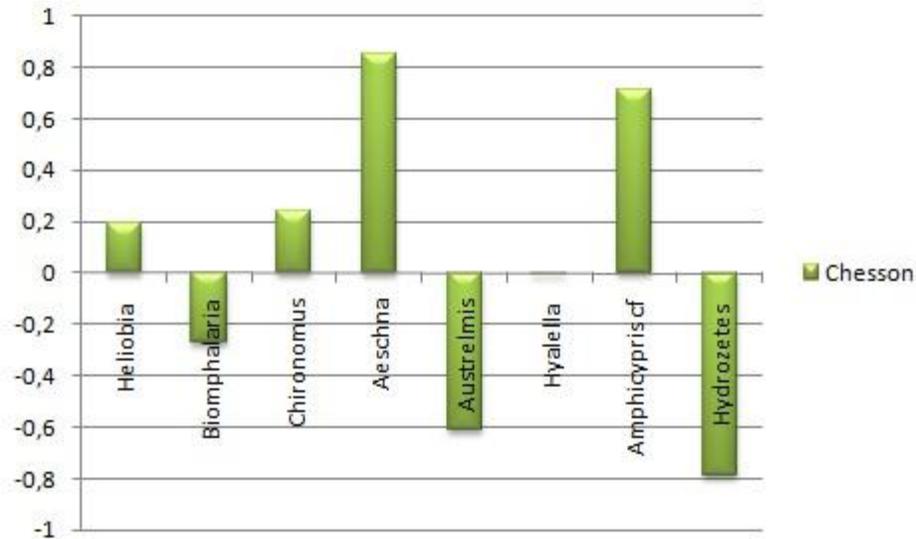


Figura 4. Índice de selectividad de Chesson para la vertiente 3.

Vertiente 5: Ítems seleccionados positivamente: *Chironomus*, *Ochrotrichia*, un díptero indeterminado y *Amphicypris cf.*; ítems consumidos en proporción a la oferta: *Biomphalaria* y *Protallagma*; ítems seleccionados negativamente: *Heleobia*, *Austrelmis*, *Hyaella* y *Hydrozetes* (Figura 5).

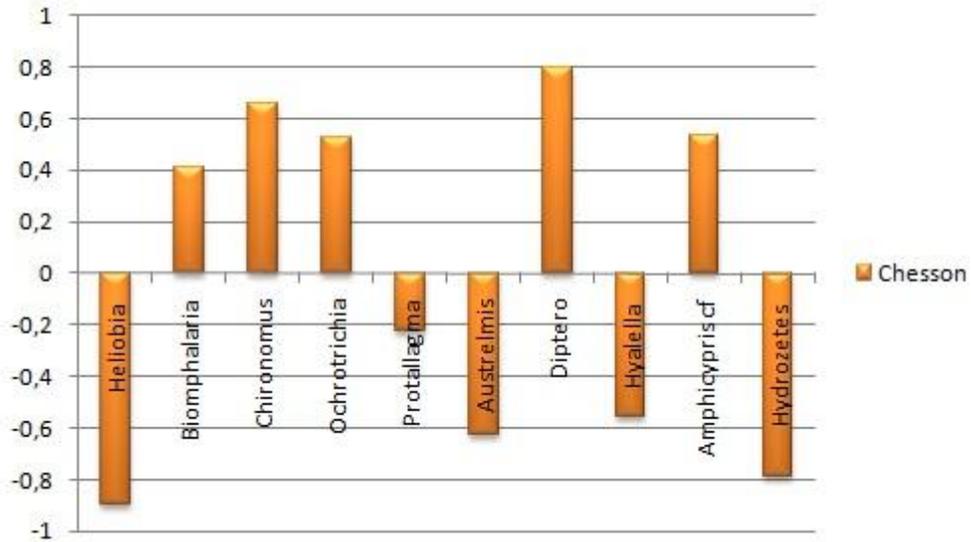


Figura 5. Índice de selectividad de Chesson para la vertiente 5.

Vertiente 10: Ítems seleccionados positivamente: *Chironomus* y *Amphicypris cf*; ítems consumidos en proporción a la oferta: *Heleobia* y *Biomphalaria*; ítems seleccionados negativamente: *Austrelmis*, *Hyalella* y *Hydrozetes* (Figura 6).

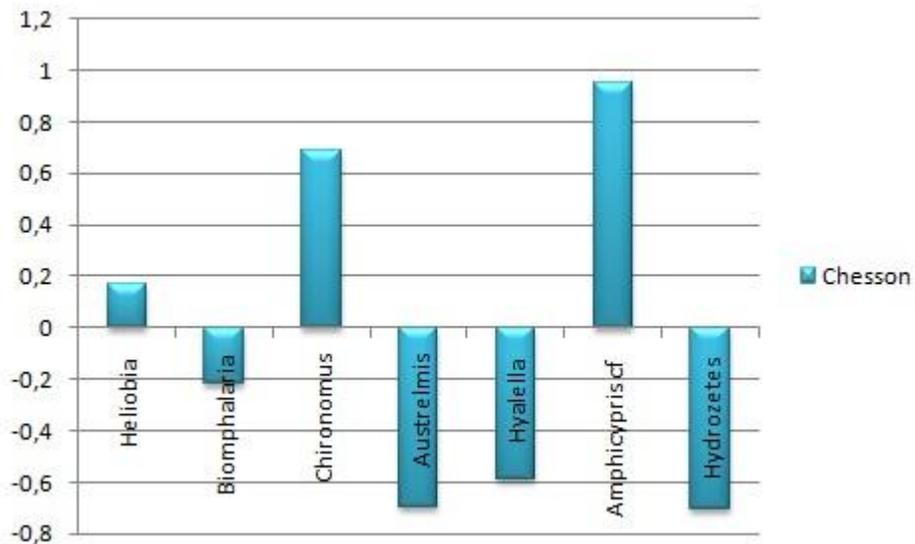


Figura 6. Índice de selectividad de Chesson para la vertiente 10.

VII. DISCUSIÓN

La meseta de altura de los Andes tiene una altitud media de 4.000 metros sobre el nivel del mar y presenta una amplia extensión de sistemas acuáticos ubicados desde su zona más septentrional de (18°S, Lago Chungará) hasta el límite sur (27°S, Laguna del Negro Francisco). Hasta la fecha se han descrito y caracterizado en esta región aproximadamente 50 cuencas hidrográficas cerradas las cuales presentan una alta variación en contenido iónico y diversas características geomorfológicas (Risarcher *et al.*, 2003; Moreno *et al.*, 2009). Las cuencas evaporíticas del Altiplano Chileno tienen su origen en antiguos paleolagos que se extendieron por la amplia zona de lo que hoy conocemos como Altiplano y Desierto de Atacama (Chong 1988) Estos sistemas acuáticos presentan un balance hídrico negativo, recibiendo agua desde afloramientos de vertientes subterráneas, derretimiento de nieves y precipitaciones estacionales (Aceituno, 1993; Keller y Soto, 1998).

El origen de la biodiversidad actual de los sistemas lénticos de inundación somera o bofedales y salares del altiplano plantea importantes interrogantes en relación con su historia evolutiva, relaciones biogeográficas y adaptaciones a los cambios significativos. En ellos la hidrología es uno de los aspectos más importantes para la mantención de la vegetación de borde, que es generalmente la zona expuesta a problemas más frecuentes de desecación, junto a las microalgas y los tapetes microbianos, la base de la productividad y por ende de la tramas tróficas de estos sistemas (Dorador *et al.*, 2003; Vila *et al.*, 2010; Riveros *et al.*, 2012). Los humedales altoandinos requieren en la actualidad de programas urgentes de conservación ya que por efecto climático, su balance hidrológico negativo agregado a la alta demanda de agua en la zona al disminuir su volumen acumulan alto contenido salino (Risarcher *et al.*, 2003; Marquez *et al.*, 2009). Por ser sistemas con características extremas en cambio térmicos y menor disponibilidad de oxígeno disuelto las tramas tróficas son menos complejas con uno o dos depredadores tope y menor riqueza de productores primarios que los humedales de valle a similar trofia. Ante la pérdida constante de agua tanto los nutrientes, especialmente compuestos nitrogenados y sales minerales como cloruros, sulfatos y carbonatos se concentran transformando estos sistemas en salares a escalas de tiempo más breves que su generación histórica, por lo cual la trama

trófica se torna cada vez más simple ante la incapacidad de la biota como los peces de tolerar salinidades altas, como es el caso de las lagunas del salar de Huasco (Guzmán & Sielfeld, 2009; Riveros *et al.*, 2012),

Estos sistemas se caracterizan por presentar un desarrollo de la vegetación restringido, en donde la vegetación azonal de humedales que se desarrolla asociada, en la mayoría de los casos, a afloramientos hídricos en superficie o escurrimientos superficiales más o menos permanentes. Por esta razón, el conocimiento de las características de la disponibilidad y calidad del agua y su relación con la diversidad biológica agregado al hecho de representar áreas de descanso para las aves migratorias en Chile y su conservación estimularon el estudio de la alimentación de los peces *Orestias* los cuales se encuentran asociados al cinturón de macrófitas entre las cuales se alimentan, protegen y desarrollan.

Orestias ascotanensis ha sido descrita con dimorfismo sexual debido al mayor tamaño de las hembras. En este estudio los resultados de la longitud estándar de los peces capturados en las tres vertientes indican que las hembras fueron las que presentaron los mayores tamaños en comparación a los machos, por lo tanto se evidencia el dimorfismo sexual citado por la literatura para la especie donde las hembras alcanzan un mayor tamaño que los machos (Parenti 1984; Jara *et al.*, 1995).

En la oferta ambiental del Salar de Ascotán algunas de las taxa encontradas coincidieron con el estudio de nicho trófico del Salar de Huasco, donde también se encontró en la oferta ambiental al coleóptero *Austrelmis*, el díptero *Chironomus*, el odonato *Aeschna*, el tricóptero *Ochrotrichia (Metrichia)*, el acaro *Hydrozetes*, el crustáceo *Hyaella*, el gastrópodo *Biomphalaria* y el crustáceo Ostrácoda, (Riveros *et al.*, 2012). Lo mismo ocurrió en la dieta donde también se identificaron taxa en común como *Austrelmis*, *Chironomus*, *Ochrotrichia (Metrichia)*, *Hydrozetes*, *Biomphalaria* y Ostrácodos, pero difieren en los taxa con mayor predominancia en la dieta que en este estudio fue el copépodo *Allonela*, sin embargo comparten la predominancia en la dieta del taxa Ostrácoda. Estas diferencias entre la dieta de *O. agassii* y *O. ascotanensis* se deben a que la oferta ambiental del Salar de Huasco es diferente a la del Salar de Ascotán, presentando taxa no encontrados en el salar de Ascotán como el copépodo *Allonela*, el acaro *Atractidella*, el rotífero *Euchlanis*, el turbelario *Dugesia*, el oligoqueto *Naididae* y el

anélido Hirudinea, sin embargo comparten los otros taxa antes mencionados (Riveros *et al.*, 2012).

El número de taxa de la oferta ambiental del Salar de Huasco fue de 19 taxa el cual es similar a los encontrados en la vertiente 3, 5 y 10 del Salar de Ascotán que fueron 16, 18 y 19 respectivamente. Además número de taxa del contenido estomacal también es similar donde en el salar de Huasco fue de 8 taxa y en las vertientes 3, 5 y 10 del Salar de Ascotán fueron 10, 11 y 8 taxa respectivamente (Riveros *et al.*, 2012) (Tabla 6).

Tabla 7. Riqueza y abundancia del contenido estomacal y oferta ambiental de *Orestias agassii* del Salar de Huasco. Fuente: Modificado de Riveros *et al.*, 2012.

Estación Taxón (item)	Contenido				Oferta			
	Primavera		Otoño		Primavera		Otoño	
	n	%	N	%	ind/litro	%	ind/litro	%
<i>Hydrozetes</i>	17	17,5	10	2,4	5,8	4,2	2,8	0,6
<i>Atractidella</i>	-	-	-	-	-	-	0,1	<0,1
Acari indeterminado	-	-	-	-	0,2	0,1	-	-
<i>Boeckella</i>	-	-	-	-	0,2	0,1	1,5	0,3
<i>Alonella</i>	-	-	213	52,1	-	-	9,5	2,2
<i>Hyaella</i>	-	-	-	-	-	-	0,2	<0,1
Hirudinea	-	-	-	-	3,4	2,5	-	-
<i>Austrelmis</i>	11	11,3	4	1,0	7,1	5,2	6,6	1,5
<i>Chironomus</i>	16	16,5	9	2,2	13,1	9,5	14,1	3,2
Ephydriidae	4	4,1	19	4,6	0,5	0,3	0,2	<0,1
<i>Aeschna</i>	-	-	-	-	0,1	<0,1	-	-
<i>Leucotrichia</i>	-	-	-	-	9,2	6,7	33,4	7,6
<i>Metrichia</i>	3	3,1	54	13,2	75,1	54,6	204,2	46,4
<i>Biomphalaria</i>	2	2,1	2	0,5	3,1	2,3	3,2	0,7
<i>Biomphalaria</i> huevo	-	-	-	-	6,1	4,4	10,6	2,4
Naididae	-	-	-	-	4,0	2,9	150,9	34,3
Ostrácoda	44	45,4	98	24,0	7,5	5,4	1,7	0,4
<i>Euchlanis</i>	-	-	-	-	0,4	0,3	-	-
Planariidae	-	-	-	-	2,1	1,5	1,1	0,3
Total	97	100	409	100	137,5	100	439,9	100
n° taxa	7		8		16		15	

El índice de Shannon-Wiener indica que la vertiente con menor diversidad es la vertiente 3 en comparación a la 5 y la 10, esto posiblemente se deba a que fue la vertiente con menor número de taxa en su oferta ambiental que fue de 16 en comparación a la vertiente 5 y 10, que fueron 18 y 19 respectivamente.

En cuanto a los cálculos de selectividad dietaria, los resultados del índice de Manly fueron utilizados para calcular el índice de Chesson. Este índice realiza una estandarización del índice de Manly obteniendo valores de 1 a -1, permitiendo un rango de interpretación más claro de los resultados de selectividad dietaria.

Para analizar las preferencias o rechazo de *O. ascotanensis* por determinados ítems se debe considerar la teoría del forrajeo óptimo, la cual predice que el depredador maximiza su forrajeo, simplemente mediante la optimización de su tasa de energía ingerida. Por lo tanto, presas que son más grandes entregan mayor cantidad de energía por unidad dentro del tiempo de caza y manipulación, por lo tanto son preferidas. Pero cuando la presa grande es escasa vale la pena cazar las presas más pequeñas, porque se gasta más energía en la búsqueda de la presa más grande volviéndola menos óptima. También existen estructuras de protección en la presa que la hacen menos óptimas debido a que aumenta el tiempo de manipulación de estas al ser cazadas por el depredador como por ejemplo las conchas de los moluscos (Krebs y Davies, 1991).

Considerando la teoría del forrajeo óptimo en cuanto a la vertiente 3, según los resultados del índice de Chesson, el ítem alimentario con mayor selección positiva fue para el odonato *Aeschna* que habita en las macrófitas de pozones de agua (Figura 7). Esto se debe a su tamaño, que es el más grande dentro de la oferta ambiental de la vertiente, lo que le da un mayor aporte de energía. La ninfa no supera los 3 cm según la literatura (Dejoux e Iltis, 1991). En el caso de la muestra del contenido estomacal tenía una ninfa de 1cm de largo por 4 mm de ancho aproximadamente. En la vertiente 5 también se encontró en el contenido estomacal de un individuo un odonato del genero *Aeschna* de similar tamaño. El tamaño de la boca de *O. ascotanensis* varía entre 3,99 mm y 2,16 mm de alto y 3,94 mm y 2,75 mm de ancho (I. Tobar, comunicación personal). De los contenidos estomacales de las

3 vertientes estudiadas, el odonato *Aeschna* y un díptero adulto de especie indeterminada fueron los ítems de mayor tamaño no superando 1 cm de tamaño. Esto se explica debido al tamaño de la boca de *O. ascotanensis*, ya que ítems de mayor tamaño serían más difíciles de manipular, por lo tanto son descartados debido a que su captura implica un mayor gasto de energía. En cambio el ítem que según los resultados del índice fue el más rechazado es el acaro *Hydrozetes*. Este hidroacarido habita la zona de los cantos rodados de las orillas, como la vegetación acuática en su conjunto o los fondos de sedimentos desnudos. Su color es pardo oscuro con las patas cortas y gruesas (Dejoux e Iltis, 1991). El rechazo de este ítem se debe a su pequeño tamaño que es de 500 μm aproximadamente (Seniczak y Seniczak, 2009), lo que representaría un ítem que entrega un bajo aporte de energía, aparte de la dificultad de ser encontrado por *O. ascotanensis* debido a su tamaño demandando más tiempo y energía en su captura.



Figura 7. Odonato del género *Aeschna* (Foto de Ingrid Alvial).

En la vertiente 5, el ítem con mayor selección positiva es un díptero adulto de especie indeterminada. Esto puede deberse a que es una presa de gran tamaño que le entrega un mayor aporte energía en comparación a otros ítems como el acaro *Hydrozetes*, pero hay que considerar que su captura por parte de *O. ascotanensis* puede ser un hecho poco común debido a que es un díptero adulto, el cual se encuentra fuera del ambiente acuático. Por lo tanto es importante mencionar el ítem que le sigue en selección positiva que es el estado larvario del díptero *Chironomus* (Figura 8). Este díptero vive principalmente en los sedimentos de las profundidades (Dejoux e Iltis, 1991), es de mayor tamaño en comparación *Hydrozetes*, por lo tanto entrega un mayor aporte de energía, por esto se selecciona positivamente. El ítem con mayor rechazo en esta vertiente fue el gastrópodo *Heleobia* que habita en el fondo de ríos o lagos (Dejoux e Iltis, 1991). Esto se puede explicar debido a la concha que posee como estructura de protección (De Francesco e Isla, 2009), la cual dificulta la manipulación de este ítem por parte *O. ascotanensis*, demandando más gasto de energía y tiempo en su captura, por lo tanto entregando un aporte más bajo de energía.



Figura 8. Díptero del género *Chironomus* en su estado larval (Foto de Ingrid Alvial).

La vertiente 10 presentó la mayor selección positiva en el ostrácodo *Amphicypris cf* (Figura 9). Este Ostrácodo tiene una ubicación supralitoral que corresponde a tierras anegables donde después del retiro de las aguas se forman charcos conteniendo abundante fauna. Durante los períodos de crecida esta fauna puede ser arrastrada modificando las poblaciones de las orillas lacustres (Dejoux e Iltis, 1991). La preferencia por este ítem se debería a que no es de gran tamaño, ya que los ostrácodos tienen una longitud media de 1 mm (Marterns *et al.*, 2008), lo que permite una fácil manipulación por parte de *O. ascotanensis*, ya que demanda menos energía en su captura. Además es de mayor tamaño en comparación a otros ítems como el acaro *Hydrozetes*, por lo tanto le proporciona mayor energía. El ítem con mayor rechazo en esta vertiente fue *Hydrozetes* debido a su pequeño tamaño como se mencionó antes, el cual le entrega un bajo aporte de energía al ser ingerido y mayor gasto de energía en su búsqueda.



Figura 9. Microcrustáceo Ostrácoda (Foto de Ingrid Alvial)

Los ítems alimentarios que tienen selectividad neutra, por lo tanto se consumen en función de la disponibilidad ambiental son: en la vertiente 3 los gastrópodos *Biomphalaria* (Figura 11) y *Heleobia* (Figura 12) que viven en las profundidades de ríos y lagos (Dejoux e Itlis, 1991), esto se debe porque a que a pesar de que estos ítems tienen estructuras de protección son muy abundantes en el ambiente y no requieren de mucho tiempo búsqueda, por lo tanto *O. ascotanensis* también los selecciona en función de su disponibilidad en el ambiente. También en la vertiente 3 se presentó selectividad neutra de larvas del díptero *Chironomus* que habita en las profundidades de ríos y lagos en los sedimentos (Dejoux e Itlis, 1991). Esto se debe a que existen ítems de mayor tamaño, pero *Chironomus* presenta mayor tamaño que otros ítems rechazados, como es el caso de *Hydrozetes*, por lo tanto es más fácil su captura e igual se consume, pero existen ítems de mayor tamaño que presentan ventajas respecto de este ítem, por esto se consume en función de su disponibilidad. Además se presentó selectividad neutra en *Hyaella* (Figura 10) que vive en fondos fangosos, asociados a la vegetación acuática, en la orilla en zonas poco profunda, piedras de la orilla y zonas de baja profundidad (Dejoux e Itlis, 1991). Esto se debe a que es un ítem que presenta un tamaño de 5 mm aproximadamente (Rodrigues *et al.*, 2012), por lo tanto tiene ventaja frente a los ítems pequeños que son rechazados, debido a esto se consume en función de su disponibilidad porque *O. ascotanensis* preferiría ítems de mayor tamaño como el odonato *Aeschna*.

El gastrópodo *Biomphalaria* (Figura 11) en la vertiente 5 también presenta selectividad neutra (Figura 11). Esto se explica porque son muy abundantes en el ambiente como se explicó anteriormente, por lo tanto requieren poco tiempo de búsqueda. Además en la vertiente 5 se presentó selectividad neutra para el odonato *Protallagma* que puebla principalmente los riachuelos o ríos lentos del altiplano, donde vive bajo las piedras o vegetación acuática (Dejoux e Itlis, 1991). Esto se debe a que es de gran tamaño, pero no muy abundante, por lo que *O. ascotanensis* lo consume en función de su disponibilidad, ya que demanda mayor tiempo su búsqueda.



Figura 10. Crustáceo del genero *Hyaella* (Foto de Ingrid Alvial).



Figura 11. Gastrópodo del genero *Biomphalaria* (Foto de Ingrid Alvial).

En la vertiente 10, los gastrópodos *Heleobia* (Figura 12) y *Biomphalaria* (Figura 10) también presentaron selectividad neutra debido a que son abundantes, por lo tanto requiere poco tiempo de búsqueda y se consume en función de disponibilidad, ya que además existen otros ítems que presentan ventajas como no tener estructuras de protección que son preferidos frente a estos ítems.



Figura 12. Gastrópodo del género *Heleobia* (Foto de Ingrid Alvial).

El Salar de Ascotán según los resultados de este estudio es un sistema clorurado sódico. El Salar de Ascotán y de Carcote son los dos únicos sistemas clorurado sódico permanentes, otros sistemas altiplánicos tienen variabilidad en contenido iónico variando entre sulfatados y carbonatados (Marquez *et al.*, 2009).

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados de la alimentación encontrados en las vertientes del salar de Ascotán y su coincidencia con otros trabajos acerca de la alimentación de este pez señalan que es un depredador selectivo porque selecciona los ítems alimentarios que presentan ventajas, seleccionando ítems de mayor tamaño, sin estructuras de protección y de fácil captura.

Lo bajo de las poblaciones y la disminución de volumen de los sistemas acuáticos reportados en la literatura (Morales *et al.*, 2011) determinan que estas especies se encuentran en peligro de extinción.

A semejanza de otras especies de *Orestias* descritas para sistemas altiplánicos *O. ascotanensis* vive asociada a la vegetación de macrófitas donde se alimentan.

El sistema acuático que habita *O. ascotanensis* en el Salar de Ascotán es un sistema clorurado sódico como se puede evidenciar en el análisis físico químico de la calidad del agua del Salar de Ascotán.

O. ascotanensis presenta el dimorfismo sexual citado por la literatura en este estudio, siendo las hembras de mayor tamaño que los machos.

IX. 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. Vicerrectoria Académica y Estudiantil, U. de Chile. p. 63-69
- **ARRATIA, G.** 1982. Peces del Altiplano Chileno. En: A. Velosa y E. Bustos (eds.) El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18°, 21°). UNESCO-MAB6. 1: 93-134.
- **CHESSON, J.** 1983. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecology* 64: 1297- 1304.
- **CHONG, G.** 1988. The Cenozoic saline deposits of the Chilean Andes between 18°00' and 27°00' south latitude. Pp 137-151 in: H. Bahlburg, C. Breitkreus & P. Geise (eds.), The Southern Andes. Lect. Notes Earth Sci. 17: 137-151.
- **DE FRANCESCO, C; ISLA, F.** 2003. The life cycle and growth of *Heleobia australis* (D' Orbigny, 1835) and *H. conexa* (Gaillard, 1974) (Gastropoda: Rissosoidea) in Mar Chiquita coastal lagoon (Argentina). *J. Moll. Stud.* 70: 173-178.
- **DEJOUX, C.; ILTIS, A.** 1991. El lago Titicaca. ORSTOM. La Paz, Bolivia. 584 p.
- **DORADOR, C.; PARDO, R.; VILA, I.** 2003. Variaciones temporales de parámetros físicos, químicos y biológicos de un lago de altura: el caso del lago Chungará. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 15-22.
- **ELOSEGI, A.; SABATER, S.** 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundacion BBVA. Bilbao, España. 444 p.
- **GUZMAN, J.; SIELFELD, W.** 2009. Dieta de *Orestias agassii* (Valenciennes, 1846) (Teleostei: Cyprinodontidae) del Salar de Huasco en el norte de Chile. *Gayana:* 73: 28- 32.
- **JAKSIC, F.; MARONE, L.** 2007. Ecología de comunidades. 2nd Ed. Santiago, Chile. 336 p.
- **JARA, F.; SOTO, D.; PALMA, R.** 1995. Reproduction in captivity of the endangered Killifish *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae). *Copeia* 1995: 226-228.
- **KELLER, B.; SOTO, D.** 1998. Hydrogeologic influences on the preservation of *Orestias ascotanensis* (Teleostei: Cyprinodontidae), in Salar de Ascotán, northern Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 71: 147-156.
- **KREBS, C.** 1999. Ecological methodology, 2nd Ed. NY, USA 620 p.
- **KREBS, J; DAVIES, N.** 1991. Behavioural ecology : an evolutionary approach. 3rd Ed. Oxford, UK. Blackwell Scientific Publications. 482 p.

- **MARQUEZ, M.; VILA, I.; HINOJOSA, L.; MENDEZ, M.; CARVAJAL, J.; SABANDO, M.** 2009. Distribution and seasonal fluctuations in the aquatic biodiversity of the southern Altiplano. *Limnologica* 39: 314–318.
- **MARTERNS, K; SCHON, I; MEISCH, C; HORNE, D.** 2008. Global diversity of ostracods (Ostracoda, Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:185–193.
- **MARTÍNEZ, G.; BUGUEÑO, N.; VILA, I.** 1999. *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 en el salar de Ascotán. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.* 12:7-12.
- **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. *Conserv. Genet.* 12: 1639–1643
- **MORENO, A.; SANTORO, C.; LATORRE, C.** 2009. Climate change and human occupation in the northernmost Chilean Altiplano over the last ca. 11500 cal. a BP. *JQSc.* 24: 373-382.
- **PARENTI, L.** 1984. A taxonomic revision of the Andean killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 178: 107-214.
- **RAMIREZ, A.** 2010. Métodos de recolección. *Rev. Biol. Trop.* 58: 41-50.
- **RISACHER, F.; ALONSO, H.; SALAZAR, C.** 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical view. *Earth Sci. Rev.* 63: 249-293.
- **RIVEROS, J.; VILA, I.; MENDEZ, M.** 2012. Nicho trófico de *Orestias agassii* (Valenciennes, 1846) del sistema de arroyos del salar de Huasco (20°05'S; 68°15'W). *Gayana* 76: 79-91
- **RODRIGUES, S.; DE PÁDUA, A.; FERREIRA, R.** 2012. The first hypothelminorheic Crustacea (Amphipoda, Dogielinotidae, *Hyaella*) from South America. *ZooKeys* 236:68-80.
- **SENICZAK, S.; SENICZAK, A.** 2009. *Hydrozetes longisetosus* sp. nov. (Acari: Oribatida: Hydrozetidae) – the most primitive European species of *Hydrozetes* from Poland. *J. Nat. Hist.* 43: 951-971.
- **VILA, I.** 2006. A new species of killifish (Teleostei; Cyprinodontiformes) from the southern Altiplano, Chile. *Copeia* 471-476.
- **VILA, I.; FUENTES, L.; CONTRERAS, M.** 1999. Peces límnicos de Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.* 48: 61-75.
- **VILA, I.; MENDEZ, M.; SCOTT, S.; MORALES, P.; POULIN, E.** 2007. Threatened fishes of the world: *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 (Cyprinodontidae). *Environ. Biol. Fish.* 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. *J. Fish. Biol.* 82: 927 – 943.

- **VILA, I.; PINTO, M.** 1986. A new species of killifish (Pisces, Cyprinodontidae) from the Chilean Altiplano. *Rev. Hidrobiol. Trop.*19: 233- 239.
- **VILA, I.; SCOTT, S.; MENDEZ, M.; VALENZUELA, F.; ITURRA, P.; POULIN, E.** 2011. *Orestias gloriae*, a new species of cyprinodontid fish from saltpan spring of the southern high Andes (Teleostei: Cyprinodontidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters.* 22: 345-353.
- **VILA, I. ; SCOTT, S. ; LAM, N. ; ITURRA, P. ; MENDEZ, 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.
- **WOOTTON, R.** 1998. *Ecology of Teleost Fishes.* 2nd Ed. Dordrecht, The Netherlands. 386 p.