

ECOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO

Ecología trófica de *Orestias agassii* (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae) en ambientes altoandinos de Perú

Feeding ecology of *Orestias agassii* (Cyprinodontidae: Cyprinodontiformes) in the high Andean environments of Peru

Lourdes Mercedes Figueroa Eche ^{1,2*}, Max Henry Hidalgo del Aguila ², José Antonio Arenas-Ibarra ^{1,3}

- Received: 04/03/2025
- Accepted: 27/11/2025
- Online Publishing: 02/03/2026

Citación: Figueroa L, Hidalgo M, Arenas-Ibarra J. 2026. Ecología trófica de *Orestias agassii* (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae) en ambientes altoandinos de Perú. *Caldasia*. 48:e119181. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v48.119181>

RESUMEN

Orestias agassii es la especie más ampliamente distribuida, abundante y variable dentro del complejo *Orestias*. Sin embargo, el conocimiento sobre aspectos ecológicos es limitado. Por ello, se buscó determinar las preferencias alimentarias de *O. agassii* en ambientes acuáticos altoandinos de las cuencas de los ríos Mantaro y Apurímac. Se realizaron colectas en siete ambientes (un río, una quebrada, tres bofedales y dos lagunas) en abril (T1) y septiembre (T2) de 2010 mediante metodología estandarizada. Se analizaron 343 contenidos estomacales y se calcularon índices de frecuencia de ocurrencia, volumétrica, índice alimentario (IA) y amplitud de nicho trófico (Levin). Los ítems alimentarios fueron resumidos en un análisis de coordenadas principales (PCoA). Se registraron 23 ítems alimentarios, principalmente insectos acuáticos en estadio larval (once familias). Los ítems más frecuentes fueron insectos de la familia Chironomidae y los de mayor volumen fueron también insectos de la familia Chironomidae en T1 y algas en T2. El % IA fue mayor para los insectos acuáticos en bofedales y ríos en T1, mientras que en las lagunas fue mayor para las algas. En T2 el % IA fue mayor para los insectos acuáticos en todos los ambientes. El ANOVA del eje 1 del PCoA mostró diferencias significativas entre temporadas y entre hábitats. El índice de Levin demostró especialización en la dieta. Los resultados demuestran variabilidad espacial y temporal en la dieta como consecuencia de la diversidad y riqueza de los ambientes, los cuales presentan características únicas. Este conocimiento aportará información para un adecuado manejo de estos ecosistemas.

Palabras clave: bofedales, dieta, lagunas, peces, ríos andinos

¹ Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur, Villa El Salvador 15842, Lima, Perú. lfigueroae@cientifica.edu.pe, jarenas@cientifica.edu.pe

² Departamento de Ictiología, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Jesús María 15072, Lima, Perú. lfigueroae@cientifica.edu.pe, mhidalgod@unmsm.edu.pe

³ Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Av. Benavides 5440, Santiago de Surco 15039, Lima, Perú. jose.arenas.ibarra@urp.edu.pe

* Autor para correspondencia



ABSTRACT

Orestias agassii is the most widely distributed, abundant, and variable species within the *Orestias* complex. However, knowledge about its ecological aspects remains limited. Therefore, this study aimed to determine the feeding preferences of *O. agassii* in high Andean aquatic environments of the Mantaro and Apurímac river basins. Sampling was conducted in seven habitats (one river, one stream, three peatlands, and two lakes) in April (T1) and September (T2) of 2010 using standardized methodology. A total of 343 stomach contents were analyzed, and frequency of occurrence, volumetric index, alimentary index (IA), and trophic niche breadth (Levin's index) were calculated. Food items were summarized through a Principal Coordinates Analysis (PCoA). Twenty-three food items were recorded, mainly aquatic insect larvae (eleven families). The most frequent items were Chironomidae insects, and the largest volume corresponded to Chironomidae in T1 and algae in T2. The % IA was higher for aquatic insects in peatlands and rivers in T1, whereas algae were more important in lakes. In T2, % IA was higher for aquatic insects across all habitats. ANOVA on the first PCoA axis showed significant differences between seasons and habitats. Levin's index indicated dietary specialization. The results demonstrate spatial and temporal variability in diet as a consequence of the diversity and richness of the environments, which present unique characteristics. This knowledge will provide valuable information for the proper management and conservation of these ecosystems.

Keywords: andean rivers, diet, fishes, lakes, peatlands

INTRODUCCIÓN

La región altoandina incluye ambientes acuáticos por sobre 3000 m sobre el nivel del mar (msnm), como lagos, lagunas de diferentes orígenes y características, vegas y las cabeceras de cuenca de los Andes tropicales (Maldonado *et al.* 2012). Estos ecosistemas tienen una dinámica particular que contiene fauna única a nivel global y de suma importancia para la conservación de especies endémicas (Jiménez *et al.* 2016, Tognelli *et al.* 2016). Para el caso de la ictiofauna, existen amenazas directas en esta parte de los Andes tropicales como la modificación de los sistemas naturales, la producción de energía y el cambio climático (Vitousek 1994, Rodríguez 2001, Tognelli *et al.* 2016, Herrera *et al.* 2020). Por ello, tener información sobre aspectos ecológicos de las especies que allí habitan es esencial para su conservación.

En ese sentido, el conocimiento del uso de recursos alimenticios por los peces provee información sobre uso de hábitat, disponibilidad de alimento, comportamiento y su rol ecológico (Gerking 1994, Hahn *et al.* 2004, Fiori *et al.* 2016, Brodeur *et al.* 2017, Loayza *et al.* 2022, García *et al.* 2024). Sin embargo, muchos de estos aspectos son desconocidos para la gran mayoría de las especies de peces continentales del Perú, más aún en ambientes ubicados en grandes altitudes (por encima de los 3000 msnm).

El género *Orestias* (Cyprinodontiformes) es endémico de esta región y su distribución se restringe a los territorios de Perú, Bolivia y Chile (Parenti 1984, Chocano 2005, Ortega y Hidalgo 2008, Ortega *et al.* 2012). Según la IUCN (2023), *Orestias agassii* Valenciennes 1846 está categorizada como de preocupación menor. Sin embargo, su conocimiento en el Perú es limitado y proviene principalmente de los datos de capturas de la pesquería artesanal del Lago Titicaca.

Estudios sobre *O. agassii* en otras regiones andinas fuera del Perú han mostrado que presenta una dieta predominantemente carnívora y generalista, basada en insectos acuáticos, crustáceos y moluscos. En el Lago Titicaca (Bolivia), Maldonado *et al.* (2009) vincularon esta dieta con adaptaciones morfológicas. En Chile, Guzmán y Sielfeld (2009) y Riveros *et al.* (2012) confirmaron patrones similares en lagunas y arroyos del Salar de Huasco. A pesar de su importancia ecológica, los estudios tróficos sobre *Orestias* siguen siendo escasos en la región, y más aún en Perú.

Por todo ello, este trabajo busca determinar la dieta de *O. agassii* en ambientes altoandinos de Perú en diferentes temporadas del año con el objetivo de comprender sus variaciones por efecto del régimen hidrológico y los cambios en la disponibilidad de recursos en el ambiente. Tales estudios se tornan prioritarios en la comprensión del funcio-

namiento de los ecosistemas altoandinos, poco estudiados aún, y ayudarán a entender el rol trófico de esta especie en el ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió parte de las cabeceras de los ríos Mantaro y Apurímac conformadas por bofedales, lagunas, quebradas y ríos por encima de los 3900 msnm. Las lagunas presentaron vegetación sumergida y orillas de césped de puna. Los ríos y quebradas tuvieron cauces estrechos o amplios, con sustratos fangosos y vegetación acuática. Los bofedales muestran canales interconectados, aguas de color té claro y vegetación típica altoandina. Todos ellos desembocan finalmente en el río Ene, el cual forma parte del sistema del río Ucayali. Estos ambientes pertenecen a las jurisdicciones de las ciudades de Huamanga, Huaytará y Pilipichaca, entre los departamentos de Ayacucho y Huancaavelica (Fig. 1).

Los ejemplares de *O. agassii* fueron colectados en siete ambientes: dos lagunas, tres bofedales, un río y una quebrada. Para evidenciar la existencia de variaciones espaciales y temporales por tipo de hábitat en la dieta de *O. agassii*, las estaciones por cada tipo de hábitat evaluado fueron consideradas como réplicas, agrupándolos de la siguiente manera: los bofedales Tagracocha A, B y C fueron unidos en una única estación llamada Bofedal. En el caso de la quebrada Vizcachahuaycco y el río Leche Leche fueron unidos en una estación llamada río y las lagunas fueron unidas como una única estación llamada Laguna (Tabla 1).

Colecta y procedimientos de laboratorio

Los muestreos fueron realizados en abril (T1) y septiembre del 2010 (T2) en todos los ambientes relacionados al periodo hidrológico, donde abril corresponde al final de la temporada de lluvias y septiembre a la época seca en la región altoandina, lo que permite comparar posibles variaciones en la dieta asociadas a disponibilidad de recursos. Los peces fueron capturados utilizando métodos de arrastre a orilla con redes de 5 y 10 m por 2 m de alto con abertura de malla de 5 mm (Samanez et al. 2014). Para el análisis fueron considerados organismos de ambos sexos y de todas las tallas. Para observar diferencias en la dieta de acuerdo con la talla, según lo propuesto por Barón (2006) y Sánchez et al. (2009), los individuos fueron agrupados en intervalos de longitud estándar y se establecieron tres rangos de tallas: T1 = 30-49 mm; T2 = 50-79 mm y T3 = 80-100 mm. La determinación de sexos en individuos maduros fue realizada a través de la inspección visual de las gónadas, ya que la hembra posee un solo ovario y los machos un solo testículo (Villwock y Sienknecht, 1996). Luego, fueron fijados en solución de formol al 10 % y después de 48 horas fueron colocados en alcohol etílico al 70 %. El contenido estomacal se analizó utilizando microscopio y estereoscopio y con la ayuda de guías de identificación (Samanez 1979, Roldán 1988, Roldán 2003, Domínguez y Fernández, 2009). El volumen de cada ítem alimenticio se determinó a través del método volumétrico (Hellawell y Abel 1971). Los ejemplares de *O. agassii* fueron depositados en la colección de peces del Museo de Historia Natural (MUSM) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Tabla 1. Tipo de hábitat, estaciones, coordenadas, número de individuos, fecha y altitud de las estaciones de muestreo de *O. agassii* en ambientes altoandinos.

Tipo de hábitat	Estación	Código	Coordenadas geográficas	N° Individuos		Fecha		Altitud (msnm)
				T1	T2	T1	T2	
Bofedal	Bofedal Tagracocha A	BA	S13° 25' 11.5" W 74° 58' 54.5"	30	24	23/04/2010	24/09/2010	4497
	Bofedal Tagracocha B	BB	S13° 25' 11.5" W 74° 58' 54.5"	35	31	23/04/2010	27/09/2010	4497
	Bofedal Tagracocha C	BC	S13° 25' 55.5" W 74° 58' 26.8"	28	30	27/04/2023	24/09/2010	4500
Río	Quebrada Vizcachahuaycco	QD	S13° 17' 04.5" W 74° 27' 11.8"	3	8	19/04/2010	23/09/2010	3913
	Río Leche-Leche	RI	S13° 28' 10.15" W 75° 03' 19.10"	37	15	24/04/2010	26/09/2010	4415
Laguna	Laguna Conoccapunta	LC	S13° 25' 56.5" W 74° 58' 14.8"	5	21	25/04/2010	25/09/2023	4484
	Laguna Yanacocha	LY	S13° 20' 21.6" W 74° 14' 43.0"	34	43	17/04/2010	22/09/2010	4139

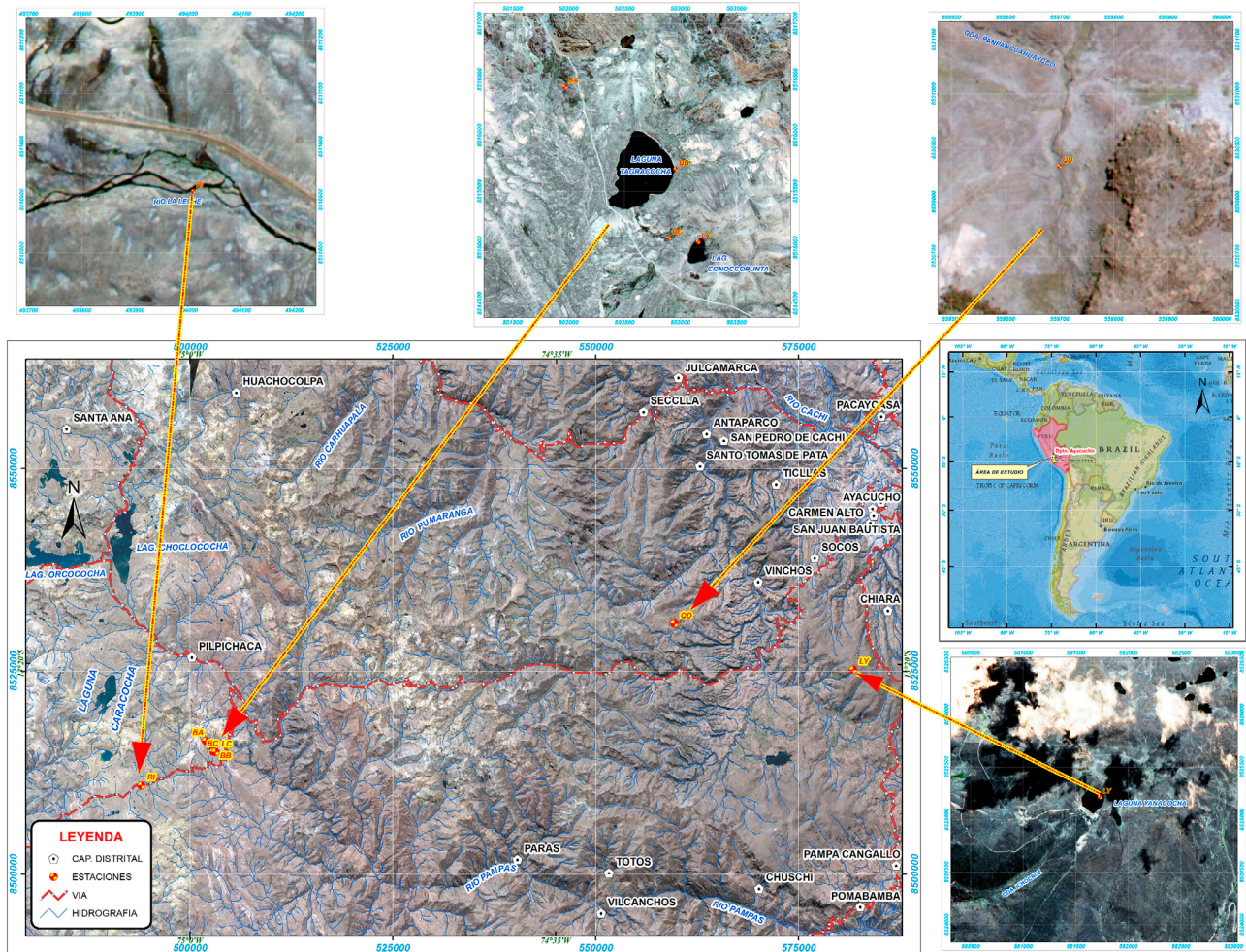


Figura 1. Área de estudio y estaciones de colecta de *O. agassii* en ambientes altoandinos entre Ayacucho y Huancavelica. Donde: BA: Bofedal Tagracocha A, BB: Bofedal Tagracocha B, BC: Bofedal Tagracocha C, QD: Quebrada Vizcachahuaycco, RI: Río Leche Leche, LC: Laguna Conoccopunta, LY: Laguna Yanacocha.

Análisis de datos

Fueron calculados el volumen en porcentaje de cada ítem (Vol), la Frecuencia de ocurrencia (FO) y el Índice alimentario (% IA) (Hyslop 1980, Kawakami y Vazzoler 1980). Estos valores fueron calculados según las siguientes fórmulas:

Vol = Volumen de cada ítem alimentario expresado como un porcentaje del volumen total de los contenidos estomacales.

FO = Número de peces en los cuales cada ítem alimentario ocurre en relación al total.

$$\% IA_i = \frac{(FO_i \times Vol_i)}{\sum_{i=1}^n (FO_i \times Vol_i)}$$

Para la inspección visual del IA los ítems fueron agrupados en siete categorías tróficas (Fugi *et al.* 2005): insectos acuáticos (insectos acuáticos adultos y estadios larvales), crustáceos (principalmente hyalélidos), microcrustáceos (copépodos, cladóceros y ostrácodos), otros invertebrados (moluscos, hirudíneos, nemátodos, oligoquetos y ácaros), algas (algas unicelulares y filamentosas), huevos y vegetales (restos de vegetales superiores). Para evaluar diferencias significativas entre las categorías tróficas se realizó una prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Se evaluó la variación espacial y temporal en la dieta de *O. agassii* a través de un análisis de coordenadas principales (PCoA) con distancia de Dice, utilizando los valores de volumen de los ítems alimentarios por temporada como variables. PCoA es un escalamiento multidimensional métrico que proporciona una representación euclidiana de un conjunto de objetos cuyas relaciones se miden por cualquier medida de disimilitud elegida por el usuario (Borcard *et al.* 2018). En general, PCoA es recomendado cuando la matriz tiene muchos ceros, como la analizada, resumiendo la variabilidad de la matriz en los ejes que acumulan la mayor cantidad de esta (Ramette 2007). Los ejes significativos de un análisis de ordenación concentran la variabilidad de una matriz de datos identificando las variables que concentran la misma; es decir, las más correlacionadas con los ejes, permitiendo hacer inferencia estadística sobre esta relación (Borcard *et al.* 2018). Para evaluar diferencias significativas entre los volúmenes de las categorías tróficas de la dieta de *O. agassii*, los coeficientes de los ejes 1 y 2 del PCoA fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) (Ramette 2007). Cómo los datos de volumen de los ítems para cada temporada de estudio no presentaron normalidad, se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, basada en el ranking aleatorio de datos, usando las fórmulas propuestas por Zar (1996). Con ello, se determinó la significancia de las diferencias registradas en el estudio. Se tomó como factor de variación las temporadas, el tipo de ambiente, el sexo y las tallas de los individuos. La amplitud del nicho trófico se calculó mediante el índice de Levin, aplicado a las categorías tróficas registradas, el cual expresa la amplitud de nicho en una escala que

va desde 0 (nicho angosto) hasta 1 (nicho amplio) (Krebs 2014), según la siguiente fórmula:

$$B = \frac{\left[\left(\frac{1}{\sum_j p_{ij}^2} \right) - 1 \right]}{[(n - 1)]}$$

Donde: p = proporción en la dieta de cada categoría trófica, n = número de categorías tróficas.

Para los análisis estadísticos y multivariados se utilizó el Programa PAST 2.17 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS

Fueron analizados los contenidos estomacales de 344 individuos de *O. agassii* (172 individuos en cada temporada). En ambas temporadas evaluadas, los estómagos siempre presentaron contenido estomacal. El número de ítems por estómago fue bajo, en un rango de seis a un ítem alimentario por estómago.

Se identificaron 23 ítems en la dieta de *O. agassii* (20 en T1 y 17 en T2), los cuales fueron agrupados en siete categorías tróficas. La categoría trófica de insectos acuáticos presentó un alto número de ítems (once familias). Los insectos acuáticos presentaron la mayor frecuencia (% FO) y el mayor volumen (% Vol) en la T1, siendo la familia Chironomidae la que más contribuyó a este valor. En cuanto a la T2, los insectos acuáticos también fueron los más frecuentes. Sin embargo, las algas presentaron los mayores volúmenes (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de % FO y % FV de los ítems alimentarios registrados en los contenidos estomacales de *O. agassii* en T1 y T2.

Categorías tróficas	T1						T2					
	Bofedal		Laguna		Río		Bofedal		Laguna		Río	
	FO	FV	FO	FV	FO	FV	FO	FV	FO	FV	FO	FV
Insectos	98	62,4	43	10,52	100	90,1	65	35,6	26	35,6	100	48,61
Crustáceos	39	24,8	5	5	13	1,51	28	12,7	8	8,7	4,35	0,33
Microcrustáceos	81	1,98	32	1,42	18	0,2	48	1,1	24	6,2	39,13	4,41
Otros Invertebrados	17	3,27	16	11,02	38	3,86	19	7	3	0,7	13,04	2,84
Algas	2	0,44	57	67,4	3	1,35	24	39,5	9	34,7	30,43	32,84
Huevos	0	0	0	0	10	2,89	2	0,4	1	0,1	8,69	10,95
Vegetales	0	0	3	5,91	0	0	4	3,6	2	14	0	0

En T1 el % IA fue mayor para insectos en bofedales y ríos, mientras que en lagunas fue mayor para algas (Fig. 2). En T2, el % IA para insectos fue mayor en todos los ambientes, pero se observó un importante consumo de algas. En bofedales, a diferencia de los otros ambientes, existe un consumo destacado de anfípodos. Los microcrustáceos fueron consumidos en mayor proporción en las lagunas y en el río en T2. Otros invertebrados como moluscos, oligoquetos, nemátodos y ácaros tuvieron bajos valores de % IA. La prueba no paramétrica de Wilcoxon demostró que todas estas diferencias fueron significativas ($p < 0.000$).



Figura 2. Índice Alimentario (% IA) de las categorías tróficas de la dieta de *O. agassii* en T1 (temporada seca) y T2 (temporada húmeda) (correspondientes a abril y septiembre, respectivamente) de 2010.

En el análisis de PCoA, los ejes 1 y 2 resumieron el 63 % de la variación. Por ello, estos ejes fueron sometidos a un análisis de varianza determinando que el consumo de ítems alimentarios de *O. agassii* fue significativamente diferente entre los ambientes evaluados. Específicamente, se determinó que los ítems alimentarios en las lagunas difieren de lo observado en bofedales y ríos. Este mismo análisis se realizó para examinar diferencias por temporadas determinándose que estacionalmente también existen diferencias significativas en la dieta de *O. agassii* (Fig. 3). Cuando se realizó el análisis

por tallas y por sexo, se observó que la dieta de *O. agassii* no presentó diferencias significativas entre ambientes y entre temporadas de estudio ($p > 0.5$) (Fig. 4).

El índice de Levin aplicado a las categorías tróficas evaluadas, mostró que la especie presenta una alta especialización en la obtención de recursos en T1 (BOF=0.20; LAG=0.38; RIO=0.24) y T2 (BOF=0.08; LAG=0.22; RIO=0.47), siendo mayor la especialización en T2.

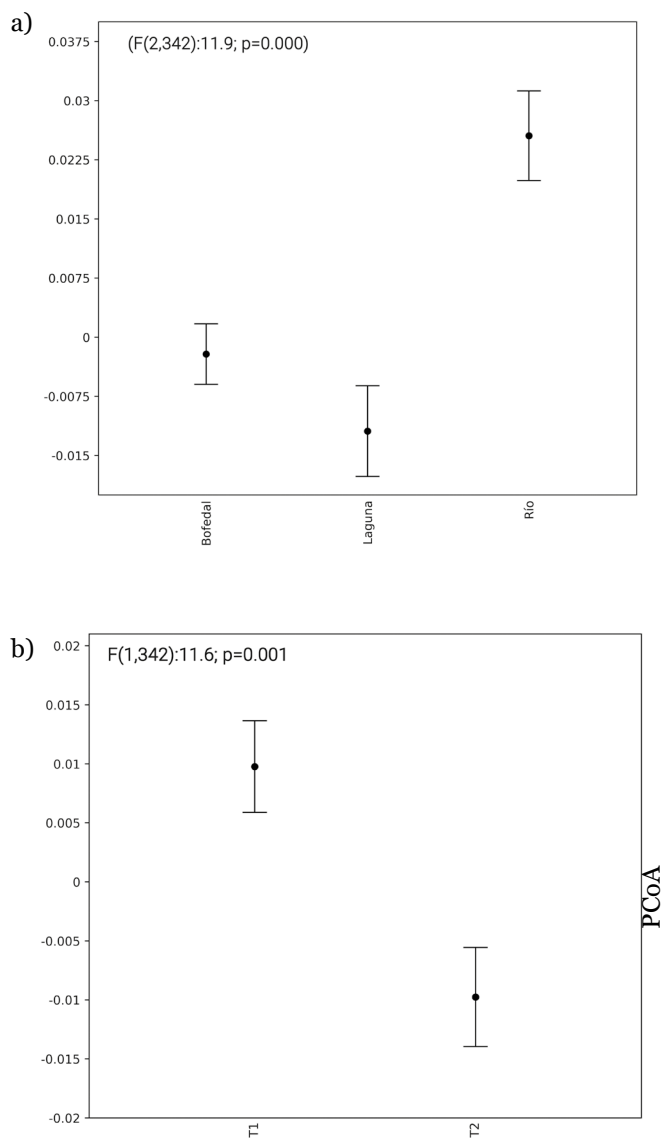


Figura 3. Valores medios y error estándar de los escores derivados del eje 1 del PCoA considerando el volumen de las categorías tróficas consumidas por *O. agassii*, por tipo de ambiente ($F(2,342):11.9; p=0.000$) (a) y temporada ($F(1,342):11.6; p=0.001$) (b) en ambientes altoandinos de Ayacucho.

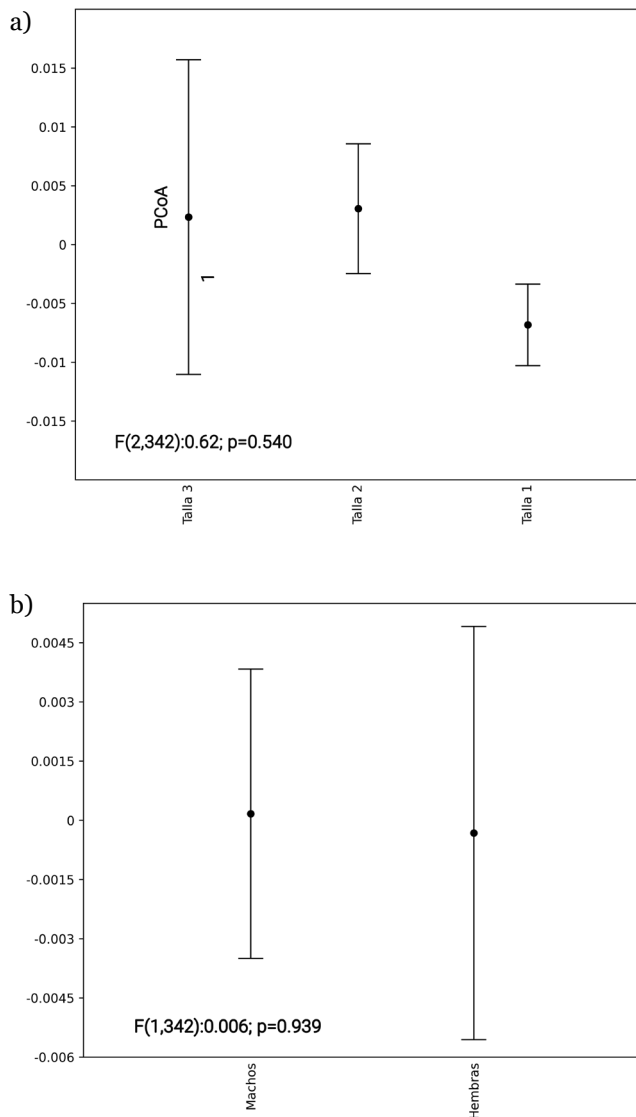


Figura 4. Valores medios y error estándar de los escores derivados del eje 1 del PCoA considerando el volumen de las categorías tróficas consumidas por *O. agassii*, por tallas ($F(2,342):0.62$; $p=0.540$) (a) y por sexo ($F(1,342):0.006$; $p=0.939$) (b) en ambientes altoandinos de Ayacucho.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la categoría trófica dominante en la dieta de *O. agassii* han sido los insectos acuáticos en la mayoría de los ambientes, predominando las larvas de la familia Chironomidae. Estos resultados no concuerdan con lo registrado en otros estudios de ambientes altoandinos. Así, Maldonado *et al.* (2009), encontraron que *O. agassii* tuvo como alimento a cladóceros, anfípodos y algas. En nuestros resultados las algas y cladóceros han sido reportados en la dieta, pero su consumo solo ha sido alto

en las lagunas, no en bofedales ni ríos. Sin embargo, los microcrustáceos, especialmente cladóceros, han presentado valores más altos de % IA en lagunas en la T2 y esto estaría relacionado a que ellos son abundantes en la zona litoral, y debido a que tienen capacidades de escape netamente menores que otros grupos como el de los copépodos, podrían ser más fácilmente capturados (Pinto 1991). Esto sería independiente del tamaño de los ejemplares, ya que no fueron observadas diferencias en la dieta por tallas.

Otro estudio, realizado por Guzmán y Sielfeld (2009) en lagunas del altiplano chileno, demostró que la dieta de *O. agassii* estaba compuesta por ostrácodos, anfípodos, copépodos, moluscos, ácaros y algas macroscópicas además de insectos, pero no incluían Chironomidae. En nuestro estudio, en las lagunas evaluadas, dominó el consumo de insectos de la familia Chironomidae; sin embargo, también se registró consumo de copépodos, ostrácodos, anfípodos y algas. Los anfípodos, que en nuestro estudio han sido registrados principalmente en bofedales, son típicos de estos ambientes altoandinos (Peralta y Grosso 2009, Guerrero *et al.* 2015).

En adición, Riveros *et al.* (2012) analizaron la selectividad de *O. agassii* en la Laguna del Salar del Huasco y encontraron marcada preferencia por larvas de Ephydriidae (Insecta), ostrácodos y cladóceros. De igual forma, algunos ítems coinciden con los registrados en nuestro estudio para lagunas, pero difieren en el ítem principal, que para nuestro estudio fue insectos Chironomidae. Esta familia se caracteriza por alimentarse de materia orgánica particulada, algas, hongos, restos de animales, etc., lo cual le permite ser uno de los insectos más abundantes en los ambientes continentales (Henriques-Oliveira *et al.* 2003).

Esto podría estar relacionado a la productividad de los ambientes. Donato (1991) registró en el Lago Chingaza, un lago de alta montaña tropical, que el fitoplancton está constituido especialmente por especies perifíticas, las cuales se desarrollan en la zona litoral y sostienen la productividad. De la misma forma, las algas registradas en la dieta de *O. agassii* son características del perifiton, indicio de que la especie utiliza los recursos disponibles como algas y microcrustáceos cuando hay superficies sólidas sumergidas, como material vegetal o macrófitas, en ambientes lenticos (Wetzel 1983).

En T2, *O. agassii* mostró una disminución en el consumo de insectos en bofedales y ríos, lo cual coincide con las características físicas de estos ambientes durante la época seca, donde hay una menor corriente y acumulación de materia orgánica. Estudios previos han documentado que en hábitats con menor velocidad de flujo la disponibilidad de insectos disminuye mientras que aumentan otros recursos como detritos (Jacobsen y Marín 2007, Molina *et al.* 2008), favoreciendo el incremento de otros grupos como algas, crustáceos y microcrustáceos. Tales variaciones también podrían estar relacionadas a las épocas de emergencia de los insectos acuáticos que muestran ciertos cambios estacionales, aunque su compleja dinámica ecológica aún no es completamente comprendida (Gutiérrez-Fonseca y Ramírez 2020, Laske *et al.* 2021).

La diferencia encontrada en la dieta de *O. agassii* entre ambientes y temporadas podría estar relacionada a los cambios en el flujo de agua en época seca, que posibilitarían la transformación de algunos tipos de ambientes como los lóticos, es decir, los ríos, en ambientes semi-lenticos. Estos ambientes estarían presentando un incremento en la productividad que podría estar siendo aprovechada por *O. agassii* para obtener su alimento, consumiendo en mayor medida algas. Esto explicaría el incremento en el consumo de algas en todos los ambientes y las similitudes entre ríos y bofedales. En un contexto más amplio, estos cambios en los ambientes podrían estar relacionados a variaciones a largo plazo como resultado del cambio climático, el cual se ha estimado inducirá a una contracción del rango de distribución de las especies que habitan en los Andes (Herrera *et al.* 2020).

Un menor valor en la amplitud de nicho trófico indica mayor disponibilidad de recursos ya que estas condiciones generan un consumo de un rango menor de ítems óptimos favoreciendo la especificidad trófica (MacArthur y Pianka 1966). En este trabajo se han encontrado bajos valores de amplitud trófica en la dieta de *O. agassii* y esta disminuye aún más en época seca (T2); incluso, en la misma época presentaría una menor amplitud trófica en los bofedales. Esto podría explicarse debido a que en esta época el volumen de agua es menor por lo que demandaría menor esfuerzo en la captura de los ítems. Esto ha sido documentado ampliamente en estudios de ecología trófica, donde se ha discutido que la elección de un determinado recurso depende de diversos factores, como la presencia, tamaño y abundancia de la presa, competencia y distribución en la

columna de agua (Wootton 1990, Gerking 1994). Además, los bofedales representan ambientes con gran diversidad, lo que podría contribuir a una mayor oferta para las especies (Carrasco *et al.* 2020).

Los resultados obtenidos demostrarían que las diferencias en la dieta de *O. agassii* encontradas en T1 y T2 (correspondientes a la época seca y de lluvias, respectivamente), estarían influenciadas por el ciclo hidrológico ya que el volumen de agua y la velocidad de corriente se incrementan o disminuyen, dando lugar a cambios en las comunidades acuáticas presentes en los diversos tipos de hábitat y por tanto la oferta alimenticia también presentará variaciones. Tales variaciones en la dieta por efecto de la estacionalidad han sido registradas ampliamente en peces (Lowe-McConnell 1987, Winemiller y Jepsen 1998, Hahn *et al.* 2004).

La dieta en *O. agassii* en los ambientes altoandinos evaluados presentó variabilidad temporal y espacial. Esta especie, por tanto, presenta una dieta oportunista consumiendo los ítems más disponibles en los ambientes. Esta alta variabilidad espacial en la dieta es consecuencia de la diversidad y riqueza de los ambientes altoandinos, presentando cada uno de ellos características únicas.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

LF: Concepción, diseño, toma de datos, análisis y escritura del documento, MH: Concepción, toma de datos y escritura del documento, y JAA: Concepción, análisis y escritura del documento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Smithsonian Institution, al Programa de Monitoreo y Evaluación de la Biodiversidad (BMAP) y a Peru NLG por el apoyo financiero brindado para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Barón BC. 2006. Relaciones ecomorfológicas y de dieta en siete especies de peces (Characidae) en afluentes de la quebrada Yahuaraca (Amazonia Colombiana) capturados en época seca. [Tesis]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P. 2018. Numerical Ecology with R. Second edition. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71404-2>

- Brodeur RD, Smith BE, McBride RS, Heintz, R, Farley Jr E. 2017. New perspectives on the feeding ecology and trophic dynamics of fishes. *Environ. Biol. Fishes.* 100(4):293-297. doi: <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0594-1>
- Carrasco C, Rayme C, Alarcón RDP, Ayala Y, Arana J, Aponte H. 2020. Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Rev. Biol. Trop.* 68(s2):116-131. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v68iS2.44344>
- Chocano L. 2005. Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Ver. Digit. Univ.* 6(8):2-13.
- Domínguez E, Fernández HR. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Donato JC. 1991. Fitoplancton y aspectos físicos y químicos de la laguna de Chingaza en Cundinamarca, Colombia. *Caldasia.* 16(79):489-500. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/35656>
- Fiori LF, Alves GHZ, Hahn NS, Benedito, E. 2016. Influence of feeding plasticity on the fitness of small Neotropical characids. *Iheringia, Ser. Zool.* 106:1-6. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2016006>
- Fugi, R., Hahn, N. S., Loureiro-Crippa, V. E., & Novakowski, G. C. (2005). Estrutura trófica da ictiofauna em reservatórios. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos, RiMa*, 321p, 185-195.
- Fugi R, Hahn NS, Loureiro-Cripa V, Novakowski GC. 2005. Estrutura trófica da ictiofauna em reservatórios. En: Rodrigues L, Thomaz SM, Agostinho AA y Gomes LC, editores. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos, Brasil. Rima*, Capítulo 15. p. 185-195.
- García TD, Strictar L, Fugi R, Vidotto-Magnoni AP. 2024. Does size matter? Exploring the influence of body size on predator-prey relationships, hunting mode and prey characteristics in Neotropical fishes. *Ecol. Freshw. Fish.* 34(1): 12803. doi: <https://doi.org/10.1111/eff.12803>
- Gerking SD. 1994. Feeding ecology of fish. San Diego, USA: Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-03283-8>
- Guerrero CJ, Poulin E, Méndez MA, Vila I. 2015. Caracterización trófica de *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) en el Parque Nacional Lauca. *Gayana.* 79(1):18-25. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382015000100004>
- Gutiérrez-Fonseca PE, Ramírez A. 2020. Mayfly emergence production and body length response to hydrology in a tropical lowland stream. *PeerJ.* 8:e9883. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.9883>
- Guzmán J, Sielfeld W. 2009. Dieta de *Orestias agassii* (Cuvier & Valenciennes, 1846) (Teleostei: Cyprinodontidae) del salar del Huasco, norte de Chile. *Gayana.* 73(1):28-32. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382009000100004>
- Hahn NS, Fugi R, Andrian I de F. 2004. Trophic ecology of the fish assemblages. En: Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS, editores. *The Upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation.* Leiden: Backhuys Publishers. Capítulo 11 p. 247-269.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol. Electron.* 4(1):1-9. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hellawell JM, Abel R. 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *J. Fish Biol.* 3(1):29-37. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1971.tb05903.x>
- Henriques-Oliveira AL, Nessimian JL, Dorvillé, LFM. 2003. Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* 63:269-281.
- Herrera-R GA, Oberdorff T, Anderson EP, Brosse S, Carvajal-Vallejos F, Frederico R, Hidalgo H, Jezequel C, Maldonado M, Maldonado-Ocampo J, Ortega H, Radinger J, Torrente-Vilara G, Zuanon J, Tedesco P. 2020. The combined effects of climate change and river fragmentation on the distribution of Andean Amazon fishes. *Glob Change Biol.* 26(10):5509-5523. doi: <https://doi.org/10.1111/gcb.15285>
- Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis –A review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17(4):411-429. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>
- Jacobsen D, Marín R. 2007. Bolivian Altiplano streams with low richness of macroinvertebrates and large diel fluctuations in temperature and dissolved oxygen. *Aquat. Ecol.* 42(4):643-656. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9127-x>
- Jiménez-Segura LF, Ortega H, Chuctaya J, Jiménez-Prado P, Carvajal-Vallejos F, Rivadeneira J, Mojica J, Mesa L, Sánchez-Duarte P, Maldonado-Ocampo J, Correa V, Chocano L, Velásquez M, Hidalgo M, Usma S, Lasso C, Anderson E, Villa-Navarro F, Tognelli M. 2016. Estado de Conservación y Distribución de la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales. En: Tognelli MF, Lasso CA, Bota-Sierra CA, Jiménez-Segura LF, Cox NA, editores. Capítulo 3, Estado de conservación y distribución de los peces de agua dulce de los Andes Tropicales. Gland, Suiza, Cambridge, UK y Arlington, USA: IUCN; p. 23-56. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2016-003.pdf>
- IUCN. 2023. *Orestias agassii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T176559860A176559878. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2023-1.RLTS.T176559860A176559878.es>.
- Kawakami E, Vazzoler AEAM. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Bol Inst Oceanogr.* 29(2):205-207. doi: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241980000200043>
- Krebs CJ. 2014. Ecological Methodology. 3rd edition. Oxford, United Kingdom: Blackwell Science Ltd. Laske SM, Gurney KEB, Koch JC, Schmutz J, Wipfli M. 2021. Arctic Insect Emergence Timing and Composition Differs across Thaw Ponds of Varying Morphology. *Arct. Antarct. Alp. Res* 53(1): 110-26. doi: <https://doi.org/10.1080/15230430.2021.1902249>

- Loayza E, Trigos Barrientos AC, Janssens GPJ. 2022. Evidence of microplastics in water and commercial fish from a high-altitude mountain lake (Lake Titicaca). *PeerJ* 10:e14112. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.14112>
- Lowe-McConnell R. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511721892>
- Maldonado E, Hubert N, Sagnes P, De Merona B. 2009. Morphology–diet relationships in four killifishes (Teleostei, Cyprinodontidae, *Orestias*) from Lake Titicaca. *J. Fish Biol.* 74:502–520. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02140.x>
- Maldonado M, Maldonado-Ocampo JA, Ortega H, Encalada A, Carvajal-Vallejos F, Rivadenerira J, Acosta F, Jacobsen D, Crespo A, Rivera-Rondón C. 2012. Diversidad en los sistemas acuáticos. En: Herzog SK, Martínez R, Jørgensen PM, Tiessen H, editores. *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*. Capítulo 20. Paris, Francia. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), São José dos Campos, and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). p. 325–347
- Macarthur RH, Pianka R. 1966. On Optimal Use of a Patchy Environment. *Am. Naturalist*, 100(916): 603–609. doi: <https://doi.org/10.1086/282454>
- Molina CI, Gibon FM, Pinto J, Rosales C. 2008. Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. *Ecol. Apl.* 7(1,2):106–116.
- Ortega H, Hidalgo M. 2008. Freshwater fishes and aquatic habitats in Peru: Current knowledge and conservation. *Aquat Ecosyst. Health & Manag*, 11(3): 257–271. doi: <https://doi.org/10.1080/14634980802319135>
- Ortega H, Hidalgo M, Correa E, Espino J, Chocano L, Trevejo G, Meza-Vargas V, Cortijo A. 2012. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú. Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica - Museo de Historia Natural, UNMSM.
- Parenti L. 1984. A taxonomic revision of the Andean Killifish genus *Orestias* (Cyprinodontiformes, Cyprinodontidae). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 178(2): 107–214. <http://hdl.handle.net/2246/575>
- Peralta M, Grosso L. 2009. Crustacea, Syncarida, Amphipoda y decapoda. En: E. Domínguez y H. R. Fernández, editores. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo. p. 469–495.
- Pinto J. 1991. Distribución del Zooplankton en la parte boliviana del lago. En: Dejoux C, Iltis, A. *El lago Titicaca. Síntesis del conocimiento limnológico actual*. La Paz, Bolivia. HISBOL, Instituto de Historia Social Boliviana. p. 277–283.
- Ramette A. 2007. Multivariate analyses in microbial ecology. *FEMS Microbiol. Ecol.* 62(2): 142–160. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00375.x>
- Riveros J, Vila I, Méndez M. 2012. Nicho trófico de *Orestias agassii* (Cuvier & Valenciennes, 1846) del sistema de arroyos del salar de Huasco (20°05'S, 68°15'W). *Gayana* 76(2): 79–91. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000300001>
- Rodríguez JP. 2001. La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. *Interciencia*, 26(10): 479–483.
- Roldán G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados del departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis”.
- Roldán G. 2003. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Colección Ciencia y Tecnología. Antioquia, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Samanez I. 1979. Algas Continentales del Perú II. Algas de la Zona de Pucallpa y Alrededores. *Bol. Bot. Mus. Hist. Nat. UNMSM*.
- Samanez I, Rimarachin V, Arana J, Palma C, Ortega H, Correa V, Hidalgo M. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima, Perú: Departamentos de Limnología e Ictiología, Museo de Historia Natural-UNMSM/Ministerio del Ambiente (Dirección general de Diversidad Biológica).
- Sánchez MR, Fermín MY, Mendoza A. 2009. Selectividad del zooplancton y solapamiento trófico entre tallas del pez *Menidia humboldtiana* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en el embalse Danxhó, México. *Rev. Biol. Trop.* 57(1,2): 187–194.
- Tognelli MF, Mesa LM, Lasso CA. 2016. La biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales: antecedentes. En: Tognelli MF, Lasso CA, Bota-Sierra CA, Jiménez-Segura LF, Cox NA, editores. *Estado de Conservación y Distribución de la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales*. Gland, Suiza, Cambridge, UK and Arlington, USA. p. 1–10. doi: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.02.es>
- Villwock W, Sienknecht U. 1996. Contribución al conocimiento e historia de los peces chilenos, los Cyprinodontidos del género *Orestias* Valenciennes 1839 (Teleostei: Cyprinodontidae) del Altiplano Chileno. *Medio Ambiente* 13(1): 119–126.
- Vitousek P. 1994. Beyond global warming: Ecology and Global change. *Ecology*, 75(7):1861–1876. doi: <https://doi.org/10.2307/1941591>
- Wetzel RG. 1983. *Limnology*, Segunda Edition, Philadelphia, USA.. Saunders College Publishing.
- Winemiller KO, Jepsen DB. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *J. Fish Biol.* 53: 267–296. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb01032.x>
- Wootton RJ. 1990. *Ecology of Teleost Fishes*. London, United Kingdom & New York, United States: Chapman & Hall.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River, New Jersey, United States: Prentice Hall.