

Patrones de movimiento en *Trichomycterus areolatus*: un enfoque conductual

Matías Luna^{1*}, Luis Herrera¹, José Ignacio Raguiman-Leiva¹, Luis Berrios¹, José Parraguez¹,
María Catalina Sabando¹

Resumen

Las alteraciones en los sistemas fluviales han provocado amplias modificaciones del hábitat y en las variables físicas y químicas. Estos cambios han alterado significativamente la biodiversidad de los sistemas fluviales y en especial de la fauna íctica. En Chile, *Trichomycterus areolatus* (Valenciennes, 1848) es una de las especies de mayor abundancia y distribución en el gradiente latitudinal y altitudinal de las cuencas hidrográficas. No obstante, el conocimiento sobre las condiciones y hábitat para su adecuación es reducido. Por este motivo, es fundamental realizar una primera aproximación a nivel conductual en un gradiente de condiciones, para distintos estados del ciclo de vida y evaluar posibles cambios a nivel de movilidad. Para ello, se realizó un experimento ex situ en un gradiente de conductividad eléctrica a tres concentraciones: 300, 600 y 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde se construyeron etogramas para individuos en estado juvenil y adulto. Los resultados mostraron diferencias significativas en el comportamiento en los distintos estados del ciclo de vida de *T. areolatus* juveniles y adultos como en conjunto, al aumentar los valores de conductividad, evidenciando que esta variable puede generar cambios significativos en los patrones conductuales en la especie.

Palabras clave: Siluriformes, etología, conductividad eléctrica, hábitat, sistemas fluviales

¹Laboratorio de Limnología, Departamento de Biología, Universidad Metropolitana de las Ciencias de la Educación

matias.luna2020@umce.cl, luis.herrera2020@umce.cl, jose.raguiman2019@umce.cl, luis.berrios2019@umce.cl,
jose.parraguez2020@umce.cl, m_catalina.sabando@umce.cl

1. Introducción

Los incrementos en la variabilidad climática generan diversas repercusiones en los ecosistemas fluviales, las que inciden sobre la disponibilidad de los recursos y las condiciones ambientales asociadas a los cursos de agua (Wetzel, 2001). En este sentido, los efectos de la variabilidad climática repercuten sobre el balance de las precipitaciones, las que producen alteraciones en las variables físicas y químicas de los sistemas fluviales tales como la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica. De forma conjunta, las alteraciones en el balance de las precipitaciones pueden generar oscilaciones en los cauces de los ríos, alterando la estructura de la comunidad (Elosegi & Sabater, 2009). En este contexto, la fauna íctica se posiciona como un grupo clave dentro de las comunidades fluviales, ya que actúa sobre los diferentes grupos taxonómicos que cohabitan el sistema, con un rol de reguladores en las dinámicas poblacionales de invertebrados acuáticos, además de presentar una capacidad de dispersión mayor en comparación a otros grupos que habitan en el sistema (Dodds & Whiles, 2020).

Bajo este marco, los sistemas fluviales que se emplazan en la ecorregión mediterránea chilena presentan una diversidad íctica que se halla altamente adaptada a la variabilidad climática propia del territorio (Vila & Quezada-Romegialli, 2018), siendo capaces de tolerar las oscilaciones estacionales de caudal y prevalecer en el sistema a pesar de las fluctuaciones fisicoquímicas asociadas (Vila & Habit, 2015). En este sentido, el género *Trichomycterus* presenta una amplia distribución a nivel altitudinal y latitudinal dentro de la ecorregión mediterránea (Pardo et al., 2005; Vila & Habit, 2015). Entre dichas especies, destaca la presencia de *Trichomycterus areolatus* (Valenciennes, 1846), la que ha sido descrita como una especie de hábitos alimentarios bentófagos carnívoros y habitante conspicuo de las zonas ritrónicas al interior de los sistemas fluviales (Habit et al., 2005; Vila & Quezada-Romegialli, 2018).

En este contexto, según diversas investigaciones (e.g., Colihueque et al., 2017; Quiroz-Jara, 2021; Searle et al. 2021), *T. areolatus* es una especie que posee una alta plasticidad fenotípica en función de las características físicas y químicas del sistema, exhibiendo disimilitud en la morfología craneal en respuesta a la velocidad de la corriente del agua (Searle et al., 2021), junto a longitudes totales disminuidas en sistemas con alta conductividad eléctrica (Quiroz-Jara, 2021). No obstante, a la fecha, no existen registros de los efectos de las variables físicas y químicas a nivel conductual de movimiento de *T. areolatus*, situación que, en el marco de la prominente plasticidad fenotípica registrada, podrían ser potencialmente disímiles en respuesta a las modificaciones ambientales. De este modo, se hipotetiza que si *T. areolatus* exhibe respuestas diferenciales a las condiciones ambientales, entonces los estados de vida de *T. areolatus* presentarán patrones de conducta diferencial en respuesta a las modificaciones en la conductividad eléctrica del sistema.

2. Metodología

Esta investigación se realizó en río Clarillo ubicado en el Parque Nacional Río Clarillo, perteneciente a la comuna de Pirque; Región Metropolitana de Santiago. Para este estudio se caracterizó a nivel físico y químico la calidad del agua, usando una sonda multiparamétrica HANNA HI-98194. Paralelamente, para la captura de la fauna íctica se implementó la técnica de pesca eléctrica (SAMUS - 725M), recorriendo un tramo del río (Elosegui & Sabater, 2009). Se capturaron 10 ejemplares totales de *T. areolatus*, categorizados como un adulto y nueve juveniles.

En un ambiente ex situ se replicaron las condiciones naturales a nivel de calidad de agua, considerando los valores promedio obtenidos del área de muestreo. Se realizó un seguimiento y mantención de los parámetros físicos y químicos, complementado con limpiezas y recambio de un 25% del agua considerando los niveles de NO-2, NO-3 y alcalinidad. La recolección de datos se realizó con una matriz de contingencia por minuto durante una hora en cada registro, construida con 15 conductas que se observaron en condiciones similares al sistema de estudio antes del experimento. Posteriormente, se realizaron grabaciones para observar los estados de movimiento en un gradiente de conductividad eléctrica (CE) de 300, 600 y 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de las que se obtuvo un base de datos de 2700 registros.

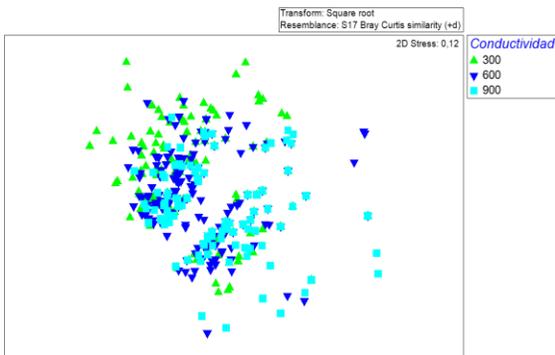
Los datos obtenidos fueron tratados con una raíz cuadrada, para amortiguar según los lineamientos de Anderson et al. (2008). Posteriormente se trasladaron a una matriz de similitud de Bray-Curtis (Clarke & Warwick, 1998) y se analizaron utilizando la prueba de ANOSIM, junto a la prueba entre pares. Finalmente, los datos frecuenciales conductuales fueron representados por medio de un escalamiento multidimensional (MDS) (Ludwig & Reynolds, 1988), tanto para el individuo adulto como para el total de los ejemplares.

3. Resultados

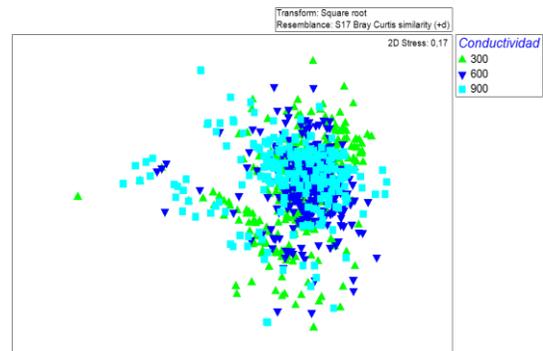
Para revisar y estandarizar a nivel de etograma, se utilizaron los datos del individuo adulto, los que mostraron diferencias significativas a nivel de frecuencias conductuales (ANOSIM; $R = 0.058$; $p < 0.001$) entre las diferentes condiciones de CE (Figura 1.a). Este patrón se repite para los datos totales con diferencias significativas (ANOSIM; $R = 0.107$; $p < 0.001$), para todos los grupos (Figura 1.b). A lo largo del estudio, producto del aumento de la conductividad, se observó una disminución en la frecuencia conductual, destacando el aumento del estado de reposo.

Figura 1

a) Análisis etograma individuo adulto.



b) Análisis etograma de individuos totales.



4. Discusión

En este trabajo se hipotetiza que si *T. areolatus* exhiben respuestas diferenciales a las condiciones ambientales, entonces los estados de vida de *T. areolatus* presentarán patrones de conducta diferencial en respuesta a las modificaciones en la CE del sistema. En este contexto, las normas para el uso de aguas en Chile indican que la CE puede ser un estresor, para la vida acuática desde los 750 µS/cm. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que a partir de los 600 µS/cm existen respuestas diferenciales en los individuos a nivel de movimiento, pudiendo derivar en eventuales efectos en la sobrevivencia de la especie. Esto coincide con la plasticidad fenotípica reportada por Colihueque et al., (2017), Searle et al., (2021) y Quiroz-Jara et al., (2021), la que no solo se expresaría en caracteres morfológicos, sino que también en los patrones conductuales de *T. areolatus*.

Referencias

- Anderson, M., Gorley, R., & Clarke, K. (2008). *PERMANOVA+ for primer: Guide to software and statistical methods*. PRIMER-E Ltd.
- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (p.738). Malden, MA: Blackwell Pub.
- Calvo, E., Campos, M., Carcavallo, R., Cerri, C. C., Gay-García, C., Mata, L. J., Saizar, A., Aceituno, P., Andressen, R., Barros, V., Cabido, M., Fuenzalida-Ponce, H., Funes, G., Galvao, C., Moreno, A. R., Vargas, W. M., Viglizzo, E. F., & Zuviría, M. (2000). *Impactos regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad; AMÉRICA LATINA*.
- Colihueque, N., Corrales, O., & Yáñez, M. (2017). Morphological analysis of *Trichomycterus areolatus* (Valenciennes, 1846) from southern Chilean rivers using a truss-based system (Siluriformes, Trichomycteridae). *ZooKeys*, 695, 135-152. <https://doi.org/10.3897/zookeys.695.13360>
- Clarke, K., & Warwick, R. (1998). A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*, 35, 523-531. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.3540523.x>
- Dodds, W. & Whiles, M. (2020). *Freshwater ecology, Third Edition*. Academic Press.
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA.
- Luebert, F. & Pliscoff, P. (2006) *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Habit, E., Victoriano, P., & Campos, H. (2005). Ecología trófica y aspectos reproductivos de *Trichomycterus areolatus* (Pisces, Trichomycteridae) en ambientes lóticos artificiales. *Revista Biología Tropical*, 53(1-2), 195-210.
- Instituto Nacional de Normalización. (1996). *Norma Chilena Oficial NCh 1333.Of 96*.
- Ludwig, J., & Reynolds, J. (1988). *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley and Sons. Nueva York.
- Pardo, R., Scott, S., & Vila, I. (2005). Análisis de formas en especies chilenas del género *Trichomycterus* (Osteichthyes: Siluriformes) utilizando morfometría geométrica. *Gayana*, 69(1), 180-183. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382005000100023>

- Quezada-Romegialli, C., Fuentes, M., & Véliz, D. (2010). Comparative population genetics of *Basilichthys microlepidotus* (Atheriniformes: Atherinopsidae) and *Trichomycterus areolatus* (Siluriformes: Trichomycteridae) in north central Chile. *Environ Biol Fish*, 89, 173–186. <https://doi.org/10.1007/s10641-010-9710-1>
- Quiroz-Jara, M., Casini, S., Fossi, M. C., Orrego, R., Gavilán, J. F., & Barra, R. (2021). Integrated physiological biomarkers responses in wild fish exposed to the anthropogenic gradient in the Biobío River, South-Central Chile. *Environmental Management*, 67(6), 1145-1157. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01465-y>
- Scott, S., Pardo, R., & Vila, I. (2007). Trophic niche overlap between two Chilean endemic species of *Trichomycterus* (Teleostei: Siluriformes). *Revista Chilena de Historia Natural*, 80(4), 431-437. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2007000400004>
- Searle, P., Mercer, M., Habit, E., & Belk, M. (2021). Ontogenetic shape trajectory of *Trichomycterus areolatus* varies in response to water velocity environment. *PLoS ONE*, 16(6), e0252780. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252780>
- Sobenes, C., García, A., Habit, E., & Link, O. (2012). Mantención de peces nativos dulceacuícolas de Chile en cautiverio: un aporte a su conservación *ex situ*. *Boletín de Biodiversidad de Chile*(7), 27-41.
- Stoskopf, M. (2015). Chapter 21 - Biology and Management of Laboratory Fishes. In J. Fox, L. Anderson, G. Otto, K. Pritchett-Corning, & M. Whary, *Laboratory Animal Medicine (Third Edition)* (pp. 1063-1086). Academic Press.
- Vila, I., & Habit, E. (2015). Current situation of the fish fauna in the Mediterranean region of Andean river systems in Chile. *Fishes in Mediterranean Environments*, 002, 1-19. <https://doi.org/10.29094/FISHMED.2015.002>
- Vila, I., & Quezada-Romegialli, C. (2018). Peces Límnicos. In M. d. Ambiente, *Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos*. Tercera Edición. Tomo I (pp. 173-181).
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Gulf Professional Publishin
- Yáñez, E., Plaza, F., Barbieri, M. A., & Silva, C. (2023). *Climate Change and Fisheries in Chile* (pp. 259–270). https://doi.org/10.1007/978-94-017-8962-2_16

Agradecimientos: Laboratorio de Limnología, UMCE; Tinguiririca Energía Proyecto Res. ex. N°2022-00-0973; Parque Nacional Río Clarillo (CONAF).