

USO DE MODELOS NULOS PARA COMPARAR ESTRUCTURA
ZOOPLANCTÓNICA EN TRES LAGOS DE LA REGIÓN DE AYSÉN, CHILE
USE OF NULL MODELS FOR COMPARE THE ZOOPLANKTONIC STRUCTURE IN THREE
LAKES OF AYSÉN REGION, CHILE

Patricio De los Ríos-Escalante¹, Catterina Sobenes² & Luciano Parra³

ABSTRACT

The zooplanktonic communities in Chilean inland waters are characterized by the high calanoid copepods dominante and low species number that is due to the oligotrophy and wide conductivity gradient. A view point in ecology is the null models use for determine that the community has not structural factors. The aim of the present study is analyze the zooplanktonic structure in three lakes of Aysen region with null models based in size overlap, with the aim of support or reject the traditional ecological results that described the presence of regulator factors in community structure. The results of size overlap revealed that the size structure is random, that is due to the absence of food resources limitation, interspecific competency absence and colonization and extinction population process.

Keywords: zooplankton, communities, null models, Patagonia.

RESUMEN

Las comunidades zooplanctónicas en aguas continentales chilenas se caracterizan por la alta dominancia de copépodos calanoideos y el bajo número de especies lo que se debe a la oligotrofia y alto gradiente de conductividad. Un enfoque de estudio de la ecología de comunidades es el uso de modelos nulos que consisten en demostrar que la estructura de la comunidad no está estructurada por factores reguladores. El objetivo del presente estudio es analizar la estructura zooplanctónica en tres lagos de la

¹ Laboratorio de Ecología Aplicada y Biodiversidad, Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile. patorios@msn.com

² Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

³ Departamento de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Alonso de Rivera 2850, Concepción, Chile.

región de Aysén con modelos nulos basados en sobreposición de tamaño, con la idea de respaldar o rechazar los resultados de la ecología tradicional que describen la presencia de factores reguladores en la estructura comunitaria. Los resultados obtenidos de la sobreposición de tamaños, indican que hay aleatoriedad en la estructura de tamaño, lo que se debe a que no hay limitación por recursos alimenticios y ausencia de competencia interespecífica, y procesos de colonización y extinción de poblaciones.

Palabras clave: zooplancton, comunidades, modelos nulos, Patagonia.

INTRODUCCIÓN

Los ensamblajes zooplanctónicos en lagos y lagunas chilenas se caracterizan por su bajo número de especies y alta dominancia de copépodos calanoideos lo cual se debe principalmente a la oligotrofia y alta conductividad (De los Ríos-Escalante, 2010). Desde el punto de vista de la ecología de comunidades los modelos nulos consisten en que las comunidades son aleatorias, esto es que no hay factores reguladores (Gotelli & Graves, 1996; Gotelli, 2000, 2001). Este enfoque en ecología es más robusto en comparación a otros enfoques estadísticos porque considera la presencia y ausencia de azar como paso previo al análisis estadístico de las comunidades (Gotelli & Graves, 1996; Gotelli, 2000, 2001; Tondoh, 2006; Tiho & Johens, 2007). Estos modelos nulos han sido aplicados para ecología de comunidades terrestres (Tondoh, 2006; Tiho & Johens, 2007), y recientemente para estudios de ecología de comunidades zooplanctónicas en ambientes acuáticos chilenos continentales, específicamente en cuanto a asociaciones de especies (De los Ríos, 2008; De los Ríos & Soto, 2009)

El objetivo del presente estudio es comparar los ensamblajes zooplanctónicos en lagunas poco profundas permanentes y estacionales obtenidos desde la literatura (De los Ríos et al., 2008), mediante el modelo nulo de sobreposición de tamaño, con el fin de entender si hay presencia o ausencia de factores reguladores sobre la estructura comunitaria.

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras de zooplancton de los lagos Esmeralda, Jeinimeni y Maldonado, localizados en la región de Aysén, las muestras se colectaron mediante lances verticales hasta los 30 metros de profundidad usando una malla Apstein. Las muestras

colectadas fueron fijadas con etanol absoluto y se identificaron con literatura especializada (Araya & Zúñiga, 1985; Bayly, 1992). Para tres de estas muestras se midió el largo total de los individuos para aplicar dos tipos de análisis: en una primera etapa, para comparar las tallas de las distintas especies en cada sitio (laguna) se procedió a aplicar un análisis de varianza o prueba T-student en caso de tener dos grupos de comparación, previa verificación de homogeneidad de varianza, y ANOVA para más de dos grupos, con test de Tukey de comparaciones múltiples, mediante el programa Prisma 5.0; en una segunda etapa se aplicó el análisis de estructura de tallas mediante el programa Ecosim 6.0 (Gotelli & Entsminger, 2009). La finalidad del análisis de estructura de tamaño es determinar la presencia de patrones no aleatorios en la sobreposición de tamaño, para esto se usó el módulo de sobreposición de tamaño del programa Ecosim (Gainsbury & Colli, 2003; Ward & Beggs, 2007; Gotelli & Entsminger, 2009). Los datos para este análisis consistieron en una matriz en que cada especie constituye una fila y cada sitio de muestreo una columna. La entrada de la matriz representa el tamaño promedio de la longitud de cada especie. La matriz original es re-ordenada para producir patrones aleatorios que serían esperados en ausencia de competencia entre especies. Se usaron las siguientes opciones del programa Ecosim: varianza en largo de segmentos como sobreposición métrica de tamaño y transformación logarítmica.

RESULTADOS

Los resultados muestran que hay diferencias significativas en los tamaños de las tres especies presentes para cada uno de los tres sitios ($p < 0.01$; Tabla 1), y para cada una de las especies

observadas. Para los sitios respectivos sólo hubo diferencias significativas en *Boeckella michaelsoni* ($p < 0.01$), pero no así para *Neobosmina chilensis* y *Ceriodaphnia dubia* ($p = 0.10$; Tabla 1). Para los lagos Esmeralda y Maldonado, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey encontró diferencias significativas en las tres especies, siendo significativamente mayor la *B. michaelsoni* y la menor *N. chilensis* (Tabla 1), similar situación se observó en el lago Jeinimeni (Tabla 1). Por otro lado, la prueba de comparaciones múltiples por especie encontró que en *B. michaelsoni* fueron similares las poblaciones de los lagos Esmeralda y Jeinimeni, las que fueron significativamente menores que la población del lago Maldonado (Tabla 1). Finalmente, los resultados del análisis del modelo nulo de sobreposición de tamaño indican que no existirían factores reguladores en la estructura de tamaño, esto es específicamente que las especies no competirían por recursos (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Los resultados de las especies encontradas coinciden con los reportes para lagos de la zona centro y sur de la Patagonia ($44-51^\circ$ S; Cf: Soto & De los Ríos, 2006; De los Ríos, 2008; De los Ríos & Soto, 2009) e islas Sub-Antárticas (Pugh et al., 2002; Dartnall et al., 2005). De igual modo los

tamaños reportados para las especies de cladóceros se ajustan a las descripciones de la literatura en que se basaron en estas mismas especies, pero sobre la base de comparaciones de especímenes de la zona norte de la Patagonia y centro de Chile ($33-41^\circ$ S; Araya & Zúñiga, 1985), mientras que en el caso de *Boeckella michaelsoni* el cual es una especie propia de la zona entre los 44 y 53° S (Menu-Marque et al., 2000), los tamaños se ajustan a las indicaciones de la literatura (Bayly, 1992). Dentro de este contexto, las diferencias de tamaño entre poblaciones de una misma especie y entre las especies que componen la estructura comunitaria de un sitio podrían deberse probablemente a la disponibilidad de recursos alimenticios y/o exposición a peces que son depredadores visuales (Soto et al., 1994; Soto & De los Ríos, 2006; De los Ríos & Soto, 2009).

La existencia de procesos de sobreposición de nicho concordarían con resultados observados para lagos oligotróficos con peces de la Patagonia de Argentina (Modenutti et al., 1998) y también en lagos sin peces de la Antártica (Hannsson et al., 1996; Hannsson & Tranvik, 1997, 2003; Buttler et al., 2005). En este contexto, la estructura trófica de los lagos oligotróficos prístinos de la Patagonia de Argentina, consistiría en nanoflagelados y protozoos ciliados mixotróficos, sobre los cuales pastorearían las diferentes especies de crustáceos zooplanctónicos

Tabla 1. Promedio y desviación standard (en mm) del largo total para tres especies zooplanctónicas en tres sitios considerados en el presente estudio y resultados de los análisis estadísticos aplicados en el presente estudio (valores de "p" inferiores a 0.05 indican diferencias significativas *; n.s: no hay diferencias significativas).

	Esmeralda	Jeinimeni	Maldonado	ANOVA
<i>Boeckella michaelsoni</i> (Mrázek, 1901)	1650.0 ± 230.5	1610.0 ± 174.4	2005.0 ± 325.2	F = 14.98; p < 0.01 *
<i>Neobosmina chilensis</i> (Daday, 1902)	962.5 ± 171.8	790.0 ± 137.0	920.0 ± 154.2	F = 2.44; p = 0.10 n.s
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	1323.5 ± 252.3		1555.0 ± 276.2	T = 2.51; p = 0.10 n.s
Resultados ANOVA / T Student.	F = 30.96 p < 0.01 *	T = 14.07 p < 0.01 *	F = 30.96 p < 0.01 *	
Resultados de estructura de tallas				
Índice observado	0.00091		0.00691	
Índice Medio	0.00726		0.01583	
Varianza del índice simulado	0.00015		0.00066	
p	0.66900 (n.s)		0.47000 (n.s)	

presentes en el lago (Modenutti et al., 1998; Reissig et al., 2004). Resultados similares se describieron para lagos del norte de la Patagonia chilena, donde es posible encontrar un bajo número de especies, específicamente copépodos calanoideos (*B. gracilipes*), y las mismas especies de cladóceros reportadas en el presente trabajo en condiciones de oligotrofia y presencia de ciliados mixotróficos (De los Ríos-Escalante & Woelfl, 2011), mientras que cuando el lago está en transición de oligotrofia a mesotrofia, aumenta el número de especies, apareciendo los copépodos ciclopoideos (Woelfl, 2007; De los Ríos-Escalante & Woelfl, 2011), pudiendo observarse una estructura de tallas notablemente variable entre los grupos presentes sean estos cladóceros (familias Daphnidae y Bosminidae), copépodos calanoideos y copépodos ciclopoideos (De los Ríos, 2003). Una situación similar pudo observarse al comparar las estructuras de tamaño en lagos del Parque Nacional Torres del Paine (Soto & De los Ríos, 2006). Sobre la base de los resultados observados, se podría concluir que la estructura comunitaria del zooplancton de los lagos estudiados de la región de Aysén, se caracterizaría por que compartirían el nicho trófico, lo que concordaría con los resultados de la literatura para otros lagos de la Patagonia de Argentina y Chile.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección General de Investigación y Postgrado de la Universidad Católica de Temuco (Proyecto DGI UCT CDA 2007-01) y proyecto FONDECYT 1110441.

LITERATURA CITADA

- Araya, J.M. & L. Zúñiga (1985). Manual taxonómico del zooplancton lacustre de Chile. *Boletín Limnológico, Universidad Austral de Chile*, 8, 1-110
- Bayly, I.A.E. (1992). Fusion of the genera *Boeckella* and *Pseudoboeckella* and a revision of their species in South America and sub-Antarctic islands. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 17-63
- Butler, H., Atkinson, A., & Gordon, M. (2005). Omnivory and predation impact of the calanoid copepod *Boeckella poppei* in a maritime Antarctic lake. *Polar Biology*, 28, 815-822
- Dartnall, J.G. 2005. Freshwater invertebrates of subantarctic South Georgia. *Journal of Natural History*, 39, 3321-3342
- De los Ríos, P. (2003). Efectos de las disponibilidades de recursos energéticos, estructurales y de protección sobre la distribución y abundancia de cladóceros zooplanctónicos lacustres chilenos. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile.
- De los Ríos, P. (2008). A null model for explain crustacean zooplankton species associations in central and southern Patagonian inland waters. *Anales Instituto Patagonia* (Chile), 36, 25-33.
- De los Ríos, P & Soto D. (2009). Estudios limnológicos en lagos y lagunas del Parque Nacional Torres del Paine (51° S, Chile). *Anales del Instituto Patagonia* (Chile), 37, 63-71
- De los Ríos-Escalante, P. (2010). Crustacean zooplankton communities in Chilean inland Waters. *Crustaceana Monographs* 12, 1-109 p.
- De los Ríos-Escalante, P., & Woelfl, S. (2011). Use of null models to explain crustacean zooplankton assemblages in Northern Patagonian lakes (Chile) with and without mixotrophic ciliates. *Crustaceana*, 84, 1061-1068
- Gainsbury, A.M. & Colli C.R. (2003). Lizard Assemblages from Natural Cerrado Enclaves in Southwestern Amazonia, The Role of Stochastic Extinctions and Isolation. *Biotropica*, 35, 503-519
- Gotelli, N.J. & Entsminger G.L. (2009). EcoSim, Null models software for ecology. Version 7. Acquired Intelligence Inc. & Kelsey-Bear. Jericho, VT 05465.
- Gotelli, N.J & Graves G.R. (1996). *Null Models in Ecology*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Gotelli, N.J. (2000). Null models of species co-occurrence patterns. *Ecology*, 81, 2606-2621
- Gotelli, N.J. (2001). Research frontiers in null model analysis. *Global Ecology Biogeography*,

- 10, 337-343
- Hannsson, L.A., Dartnall, H.J., Ellis-Evans, J.C., Macalister, H., & Tranvik, L.J. (1996). Variations in physical, chemical and biological components in subantarctic lakes of South Georgia. *Ecography*, 19, 393-404
- Hannsson, L & Tranvik, L. (1997). Algal species composition and phosphorus recycling at contrasting grazing pressure, An experimental study in sub-Antarctic lakes with two trophic levels. *Freshwater Biology*, 37, 45-53
- Hannsson, L & Tranvik, L. (2003). Food webs in sub-Antarctic lakes, a stable isotope approach. *Polar Biology*, 26, 783-788
- Menu-Marque, S., Morrone, J.J., & Locascio De Mitrovich, C. (2000). Distributional patterns of the South American species of *Boeckella* (Copepoda, Centropagidae), a track analysis. *Journal of Crustacean Biology*, 20, 262-272
- Modenutti, B.E., Balseiro, E.G., Queimaliños, C.P., Añón Suárez, D.A., Dieguez, M.C. & Albariño, R.J. (1998). Structure and dynamics of food webs in Andean lakes. *Lakes and Reservoir Research, and Management*, 3, 179-189
- Pugh, P., Dartnall, H. & McInnes, S (2002). The nonmarine Crustacea of Antarctica and the Islands of the Southern Ocean, biodiversity and biogeography. *Journal of Natural History*, 36, 1047-1103.
- Reissig, M., Modenutti, B., Balseiro, E., & Queimaliños, C. (2004). The role of predaceous copepod *Parabroteas sarsi* in the pelagic food web of a large deep Andean lake. *Hydrobiologia*, 524, 67-77
- Soto, D., Campos, H., Steffen, W., Parra O., & Zuñiga, L. (1994). The Torres del Paine lake district (Chilean Patagonia), a case of potentially N-limited lakes and ponds. *Archiv für Hydrobiologie*, 99, 181-197
- Soto, D., & De Los Ríos P., (2006). Trophic status and conductivity as regulators of daphnids dominance and zooplankton assemblages in lakes and ponds of Torres del Paine National Park. *Biologia Bratislava*, 61, 541-546
- Tiho, S., & Johens J., (2007). Co-occurrence of earthworms in urban surroundings, a null models of community structure. *European Journal of Soil Biology*, 43, 84-90
- Tondoh, J.E. (2006). Seasonal changes in earthworm diversity and community structure in central Côte d'Ivoire. *European Journal of Soil Biology*, 42, 334-340
- Ward, D. & Beggs, J. (2007). Coexistence, habitat patterns and the assembly of ant communities in the Yasawa islands, Fiji. *Acta Oecologica*, 32, 215-223
- Woelfl, S. (2007). The distribution of large mixotrophic ciliates (*Stentor*) in deep North Patagonian lakes (Chile), first results. *Limnologica*, 37, 28-36

