

Observaciones mediante modelos nulos de comunidades zooplanctónicas en lagunas temporales costeras de las Dunas de Puaucho (38° S, Chile)

Zooplanktonic communities observations using null models in coastal ephemeral pools in Puaucho dunes (38° S, Chile)

PATRICIO DE LOS RÍOS ESCALANTE^{1,2*} ENRIQUE HAUSNTEIN^{1,2} & PATRICIO ACEVEDO^{3,4}

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

²Núcleo de Estudios Ambientales, UCTemuco.

³Center for Optics and Photonics, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

⁴Departamento de Física, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de la Frontera, Casilla 54-D, Temuco.

*prios@uct.cl

RESUMEN

El zooplancton lacustre chileno se caracteriza por un alto predominio de copépodos calanoideos y bajo número de especies, lo que está asociado principalmente a condiciones de oligotrofia. El presente estudio es una primera descripción de la comunidad de crustáceos zooplanctónicos y litorales en lagunas temporales en la zona costera de Puaucho mediante el uso de modelos nulos de co-ocurrencia de especies y sobreposición de nicho. Los resultados del modelo de co-ocurrencia de especies indican que las asociaciones de éstas son aleatorias, mientras que el análisis de sobreposición de nicho indica estos no se sobreponen. Los resultados concordarían con descripciones similares para lagos de la Patagonia de Argentina y Chile.

PALABRAS CLAVE: zooplancton, *Boeckella*, modelos nulos.

ABSTRACT

The Chilean inland water zooplankton is characterized by a high calanoid copepod dominance and low species number that is due to the oligotrophic status. The present study is a first descriptions of crustacean zooplankton and littoral communities in ephemeral pools in Puaucho using co-occurrence species and niche sharing null models. The results of co-occurrence null model revealed that the species associations are random, whereas the niche overlapping null models revealed that there is not niche overlapping. The results agree with descriptions for lakes and ponds in Argentinean and Chilean Patagonia.

KEYWORDS: zooplankton, *Boeckella*, modelos nulos.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades zooplanctónicas lacustres chilenas se caracterizan por su alto predominio de copépodos calanoideos y su bajo número de especies (Soto & Zúñiga 1991), lo cual se debe principalmente a la oligotrofia y en algunos casos, a altos valores de conductividad, ya que habría una relación inversa entre conductividad y número de especies (Soto & De los Ríos 2006). Estas últimas observaciones se han basado principalmente en datos obtenidos en lagunas superficiales temporales y permanentes de la zona centro y sur de la Patagonia (De los Ríos-Escalante 2010).

Por otro lado, el uso de los modelos nulos, es un método que

permite evaluar la ausencia de factores reguladores sobre la composición de una comunidad (Gotelli & Graves 1996). El objetivo del presente estudio es analizar la estructura de microcrustáceos en lagunas costeras estacionales de la zona de Puaucho, región de La Araucanía, Chile, mediante el uso de modelos nulos de co-ocurrencia de especies y sobreposición de nicho con el fin de comprender la estructura comunitaria de los crustáceos del zooplancton.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio en estudio se encuentra localizado en la zona sur de Puerto Saavedra (38° 57' S; 73° 19' W), se caracteriza por la

presencia de dunas con vegetación macrofítica vascular que circunda dichas lagunas, corresponde a especies psamófilas y halófitas, tales como: *Rumex cuneifolius* Campd., *Juncus balticus* Willd. ssp. *mexicanus*, *Scirpus olneyi* A.Gray, *Cotula coronopifolia* L., *Anthoxanthum utriculatum* (Ruiz et Pav.) Schouten et Veldkamp, *Distichlis spicata* (L.) Greene, *Ammophila arenaria* (L.) Linky *Ambrosia chamissonis* (Less.) Greene.

Las muestras de zooplancton, se recolectaron en seis sitios (Fig. 1) siguiendo las metodologías descritas por Soto & De los Ríos (2006), en muestreos diurnos, mediante muestras de 5 L obtenidas con un balde, el volumen colectado se filtró por medio de un tamiz de 100 mm, y el material colectado se fijó con etanol absoluto. Las muestras se identificaron según las descripciones de Araya & Zúñiga (1985), Reid (1985), Bayly (1992), y González, (2003). Se consideró información de sólidos totales disueltos, temperatura, conductividad, salinidad y pH los que fueron medidos in situ con un sensor Hanna HI98130. En primera instancia, se procedió a realizar un análisis de correlación entre los parámetros abióticos considerados con el número y densidades de especies mediante el programa Xlstat 5.0. A los datos de asociaciones de especies se les consideró que podrían ser aleatorios, para esto se consideró aplicar el “índice de ponderación C” (Tondoh 2006, Tiho & Johens 2007), el cual se determina en la co-ocurrencia de especies basado en manejar una matriz de presencia y ausencia de especies. Sobre la base de las metodologías de Gotelli (2000, 2001), Tondoh (2006) y Tiho & Johens (2007), se construyó una matriz de presencia y ausencia donde las especies se ubican en las filas y los sitios en las columnas, y se analizó según las siguientes algoritmos: (a) Modelo fijo-fijo: en este algoritmo las filas y columnas originales no son alteradas y así cada simulación aleatoria contiene el mismo número de especies de la comunidad original (columna fija) y cada especie ocurre en la misma frecuencia que la comunidad original (fila fija). En esta instancia no permite la presencia de errores tipo I, que consisten en rechazar erróneamente la hipótesis nula y es muy robusto para detectar la falta de aleatorizaciones (Gotelli 2000, Tiho & Johens 2006, Tondoh 2007). (b) Modelo fijo-equiprobable: en esta simulación solo la suma de las columnas está fijada, mientras que las columnas que corresponden a los sitios se considera como equiprobable. Este modelo nulo considera todos los sitios (correspondientes a las columnas de la matriz) como igualmente disponibles para todas las

especies (Tiho & Johens 2006, Gotelli 2000). (c) Modelo fijo-proporcional: en este algoritmo la ocurrencia total de especies es mantenida como en la comunidad original, y la probabilidad que alguna especie se presente en un sitio (columna) es proporcional al total de la columna por sitio (Gotelli 2000, Tiho & Johens 2006, Tondoh 2007). Los análisis fueron realizados mediante el programa Ecosim versión 7.0 (Gotelli & Entsminger 2009).

Por otro lado, se trabajó con una segunda matriz con las abundancias de especies, con el fin de aplicar primero un análisis de conglomerados basado en el índice de Jaccard por medio del programa Biodiversity Pro, y en segunda instancia un modelo nulo de sobreposición de nicho basado en los índices de Pianka y Czernakowski, esto es con el fin de determinar la presencia potencial de sobreposición o segregación de nicho ecológico por parte de las especies de la comunidad. Estos modelos aplicaron mediante el programa Ecosim 7.0 (Gotelli & Entsminger 2009).

RESULTADOS

Los sitios estudiados mostraron una baja concentración de sales minerales, pH relativamente neutro y una temperatura entre 17 y 19° C (Tabla 1). Se observó una baja riqueza de especies en los sitios estudiados, la cual fluctuó entre dos y seis especies, siendo la más frecuente por sitio el copépodo calanoideo *Boeckella gracilis* (Tabla 1). El análisis de correlación mostró la ausencia de correlaciones significativas entre número de especies con temperatura, pH, y sólidos totales disueltos, mientras que hubo una correlación con la conductividad (Tabla 2). Para densidad de individuos no hubo correlación significativa con temperatura ni conductividad, pero hubo una asociación inversa con el pH y directa con sólidos totales disueltos (Tabla 2). Los resultados del modelo nulo de asociación de especies indican que las asociaciones de especies estudiadas son aleatorias, o sea no hay factores reguladores (Tabla 2). Los resultados del modelo nulo de sobreposición de nicho indican que las especies no comparten su nicho ecológico (Tabla 2). Finalmente, los resultados del análisis de conglomerados indican que los sitios más cercanos son las pozas tres y cuatro (Fig. 1), las que forman un conjunto con las pozas uno y cinco, finalmente las más alejadas son los sitios dos y seis, ya que presentan marcadas diferencias en la estructura comunitaria (Fig. 2).

Tabla 1. Localización geográfica, conductividad, sólidos totales disueltos (TDS), pH, temperatura y abundancia de especies (en ind/L) para los sitios considerados en el presente estudio.

TABLE 1. Geographical location, conductivity, total dissolved solids (TDS), pH, temperatura, and species abundance (ind/L) for the sites considerate in the present study.

	POZA 1	POZA 2	POZA 3	POZA 4	POZA 5	POZA 6
Latitud (S)	38°57'06.3"	38°57'19.9"	38°57'29.4"	38°57'28.6"	38°57'32.5"	38°57'33.4"
Logitud (W)	73°20'09.0"	73°19'59.5"	73°19'54.5"	73°19'55.8"	73°19'51.7"	73°19'50.2"
Conductividad (mS/cm)	0,54	0,48	0,61	0,01	0,67	0,62
TDS (g/L)	0,26	0,24	0,80	0,32	0,33	0,30
pH	9,03	8,90	8,02	9,04	9,04	19,10
Temperatura (° C)	19,70	15,70	17,30	17,10	16,50	17,20
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1894	0,00	0,00	6,50	0,50	0,00	0,00
<i>Alona pulchella</i> King, 1853	0,00	0,00	2,50	3,00	0,00	0,00
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	0,50	3,50	1,00	0,00	0,00	0,00
<i>Boeckella gracilis</i> (Daday, 1902)	0,01	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
Ciclopoida sin identificar	0,50	0,50	0,01	2,00	3,00	0,00
Ostracoda sin identificar	2,50	0,00	1,00	3,50	2,50	2,00
<i>Hyaella costera</i> González & Wattling, 2001	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Nauplius	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 2. Resultados de los análisis de correlación y modelos nulos de asociaciones de especies y sobreposición de nicho para los sitios estudiados.

TABLE 2. Results of correlation analysis, species associations and niche sharing null models for studied sites.

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN (n.s = no significativa; * significativa, p < 0.05).				
PARÁMETRO	NÚMERO DE ESPECIES			DENSIDAD DE INDIVIDUOS
Temperatura (° C)	0,240 (n.s)			-0,132 (n.s)
pH	0,240 (n.s)			-0,589*
TDS (g/L)	0,412 (n.s)			0,760*
Conductividad (mS/cm)	-0,535*			-0,360 (n.s)
MODELO NULO DE CO-OCURRENCIA DE ESPECIES.				
MODELO	INDICE OBSERVADO	INDICE PROMEDIO	EFEECTO ESTÁNDAR DEL TAMAÑO	P
Fijo-Fijo	0,761	0,811	-0,502	0,806
Fijo-Proporcional	0,761	1,051	-0,802	0,797
Fijo-Equiprobable	0,761	1,207	-1,395	0,910
MODELO NULO DE SOBREPOSICIÓN DE NICHOS.				
MODELOS	INDICE OBSERVADO	INDICE PROMEDIO	EFEECTO ESTÁNDAR DEL TAMAÑO	P
Pianka	0,438	0,366	1,224	0,106
Czekanowski	0,367	0,295	1,558	0,079

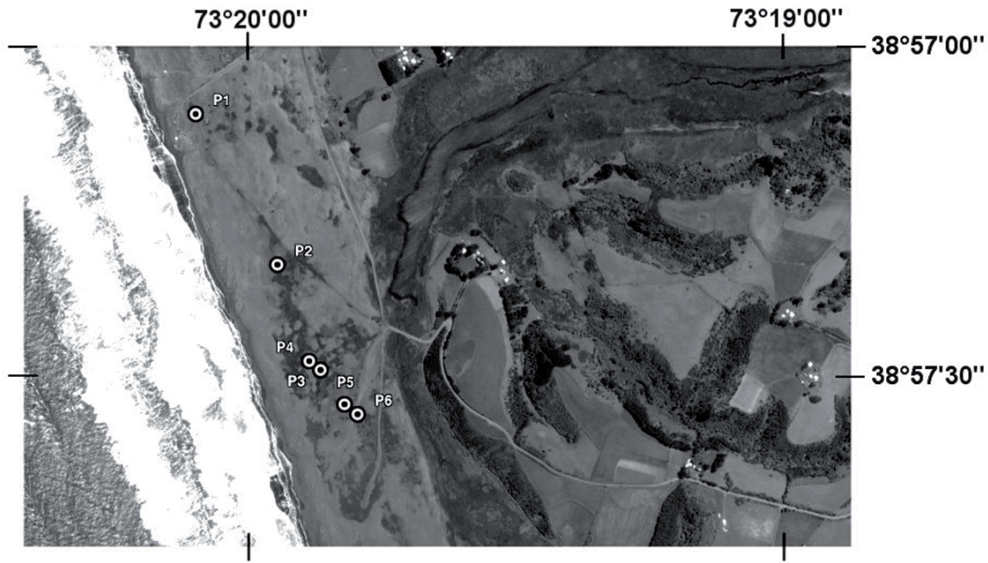


FIGURA 1. Mapa con los sitios incluidos (P1 a P6) en el presente estudio.

FIGURE 1. Map with the studied sites included (P1 a P6) en el presente estudio.

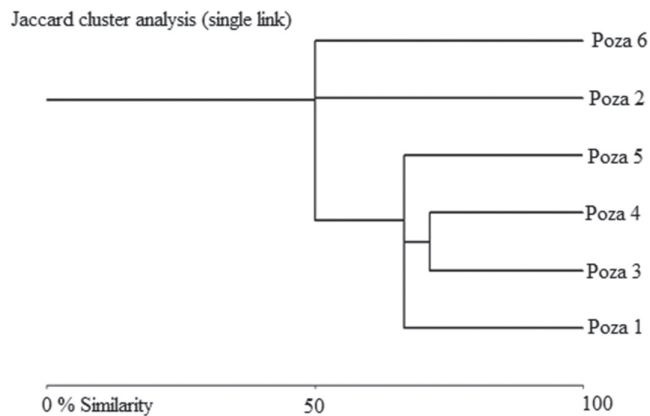


FIGURE 2. Dendrograma de similitud zoopláctónica de los sitios estudiados en el presente trabajo.

FIGURE 2. Dendrogram of zooplankton similarity of studied sites in the present study.

DISCUSIÓN

Los resultados del modelo nulo concuerdan con las descripciones de la literatura en que las asociaciones de especies de microcrustáceos lacustres son aleatorias. Esto se debe a que hay pocas especies en los sitios en estudio con además muchas especies repetidas por sitio lo cual podría explicar potenciales patrones de anidamiento, o sea especies repetidas en muchos sitios (Tondoh 2006, Tiho & Johens 2007). Esto ha sido observado para distintos tipos de ecosistemas lacustres de la Patagonia, en especial en sitios con mucha homogeneidad ambiental, específicamente al estudiar conjuntos de lagunas localizados en sitios geográficamente similares (De los Ríos 2008, De los Ríos & Soto 2009, De los Ríos & Roa 2010).

Por otro lado, se observó que no existe sobreposición de nicho en los sitios en estudio. Si bien no hay estudios sobre aplicación de este modelo en aguas continentales, este resultado podría concordar con observaciones para lagunas superficiales del sur de la Patagonia e islas Subantárticas (Almada *et al.* 2004, Allende & Pizarro 2006). Si bien el modelo nulo de co-ocurrencia de especies indicó que las asociaciones de especies son aleatorias por la presencia de especies repetidas en los sitios estudiados, si se ve desde otro punto de vista, las especies que componen la comunidad tienen nichos diferentes, lo que se debería a que los copépodos calanoideos son filtradores selectivos, situación que no sucede con los cladóceros (Gliwicz 2003), y por otro lado los anfípodos se alimentan desmenuzando material particulado (Vainöla *et al.* 2008).

Por otro lado, estas lagunas están presentes sólo en una temporada del año, en este caso, éstas se forman por las lluvias de invierno, se mantienen en primavera, y están secas en verano y otoño (E Hauenstein 2011, comunicación personal). El sitio en estudio se visitó en Octubre de 2009. En este contexto, es probable que a fines de invierno estas lagunas tengan eclosión de huevos de crustáceos en estado de diapausa, de manera tal que en la fecha de muestreo ya están los individuos adultos, los que frente a las condiciones ambientales adversas probablemente generarían huevos en diapausa que eclosionarían frente a condiciones ambientales favorables. Esta estrategia de vida ha sido reportada para microcrustáceos en ambientes estacionales (Blaustein & Schwartz 2001, Hall & Burns 2001a, 2001b, 2002, Eitam *et al.* 2004). En este contexto, se sugiere estudiar con detalles las dinámicas de las poblaciones y comunidades de ambientes estacionales.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado por la Dirección General de Investigación y Postgrado de la Universidad Católica de Temuco, Proyecto MECESUP UCT 0804, Tides Foundation Grants13-03011, CEFOP CONICYT FB0824 y DI08-0040 de la Universidad de La Frontera y a M.I., por sus valiosos aportes al presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLENDE, L. & PIZARRO, H. 2006. Top-down control on plankton components in an Antarctic pond: experimental approach to the study of low-complexity food webs. *Polar Biology* 29(10):893-901.
- ALMADA, P., ALLENDE L., TELL G. & IZAGUIRRE, I. 2004. Experimental evidence of the grazing impact of *Boeckella poppei* on phytoplankton in a maritime Antarctic lake. *Polar Biology* 28(1):39-46.
- ARAYA, J.M & ZUÑIGA, L.R. 1985. Manual taxonómico del zooplankton 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 from South America and subantarctic islands. *Revista Chilena de Historia Natural* 65(1):17-63.
- BLAUSTEIN, L. & SCHWARTZ, S.S. 2001. Why study ecology of temporary ponds?. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 47:303-312.
- DE LOS RÍOS, P. 2008. A null model for explain crustacean zooplankton species associations in central and southern Patagonian inland waters. *Anales del Instituto de la Patagonia* 36(1):25-33.
- DE LOS RÍOS, P. & ROA, G. 2010. Crustacean species assemblages in mountain shallow ponds: Parque Cañi (38°S, Chile). *Zoología, Curitiba* 27(1):81-86.
- 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 de la Patagonia* 37(1):63-71.
- DE LOS RÍOS-ESCALANTE, P. 2010. Crustacean zooplankton communities in Chilean inland waters. *Crustaceana Monographs* 12:1-109.
- EITAM, A., BLAUSTEIN, L., VAN DAMME, K., DUMONT, H.J. & MARTENS, K. 2004. Crustacean species richness in temporary pools : relationships with habitat traits. *Hydrobiologia* 525(1/3):125-130.
- GLIWICZ, M. 2003. Between hazards of starvation and risk of predation: the ecology of offshore animals. *International Ecology Institute, Nordbunte, Oldendorf, Luhe, Germany.* 379 pp.
- GONZÁLEZ, E.R. 2003. The freshwater amphipod *Hyaella* Smith, 1974 in Chile (Crustacea, Amphipoda). *Revista Chilena de Historia Natural* 76(4):623-637.
- GOTELLI, N.J. & GRAVES, G.R. 1996. *Null models in ecology.* Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 388 pp.
- GOTELLI, N.J. 2000. Null models of species co-occurrence patterns. *Ecology* 81(9):2606-2621.
- GOTELLI, N.J. 2001. Research frontiers in null model analysis. *Global Ecology Biogeography* 10:337-343.
- GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 2009. *EcoSim: Null models software for ecology.* Version 7. (Acquired Intelligence Inc. & Kelsey-Bear. Jericho, VT 05465). Available at: <http://garyentsminger.com/ecosim.htm>
- HALL, C.J. & BURNS, C.W. 2001a. Effects of salinity and temperature on survival and reproduction of *Boeckella hamata* (Copepoda, Calanoidea) from a periodically brackish lake. *Journal of Plankton Research*, 23(1):97-103.
- HALL, C.J. & BURNS, C.W. 2001b. Hatching of *Boeckella hamata* (Copepoda: Calanoidea) resting eggs from sediments of a tidally influenced lake. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 35(2):235-238.
- HALL, C.J. & BURNS, C.W. 2002. Mortality and growth responses of *Daphnia carinata* to increases in temperature and salinity. *Freshwater Biology* 47(3):451-468.
- REID, J. 1985. Chave de identificação e lista de referencias para as species continentais sudamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim Zoologico Universidade do São Paulo* 9:17-143.
- 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(5):541-546.
- SOTO, D. & ZUÑIGA, L.R. 1991. Zooplankton assemblages of Chilean temperate lakes: a comparison with North American counterparts. *Revista Chilena de Historia Natural* 64 (3):569-581.
- TIHO, S. & JOHENS, J. 2007. Co-occurrence of earthworms in urban surroundings: a null models of community structure. *European Journal of Soil Biology* 43(1):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 (Supplement 1):334-340.
- VAINÓLA, R, WITT, J.D.S., GRABOWSKI, M., BRADBURY, J.H., JAZDEWSKI, K. & SKET, B. 2008. Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:241-255.

Recibido: 29.04.14
Aceptado: 25.08.15