



NOTA DE HISTORIA NATURAL

Importancia ecológica de parásitos (Nematomorpha: Gordiida) en arroyos de montaña

The ecological role of parasites (Nematomorpha: Gordiida) in mountain streams

GIOVANY GUEVARA^{1,2*}, CARLOS JARA³, ROBERTO GODOY¹ & PASCAL BOECKX⁴

¹Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile

²Departamento de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Apartado Aéreo 275, Manizales, Colombia

³Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Campus Isla Teja, Casilla 567, Valdivia, Chile

⁴Laboratory of Applied Physical Chemistry – ISOFYS, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, B-9000, Ghent, Belgium

*Autor correspondiente: ggcolombia@gmail.com

Recientemente, diversos investigadores han resaltado la necesidad de incluir a los parásitos en el registro de datos y análisis de cadenas tróficas (Wood 2007, Lafferty et al. 2008, Byers 2009, Sato et al. 2011a, 2011b), especialmente aquellos con ciclos de vida complejos y escasamente estudiados, como los nematomorfos (De Villalobos et al. 2010, Hanelt et al. 2012). No obstante, existen investigaciones que se han enfocado en el papel ecológico y/o evolutivo del parasitismo y de los diferentes hospedadores durante su ciclo de vida (Hanelt et al. 2005, Poinar 2010, Yamada et al. 2012).

El filo Nematomorpha (Vejdovsky, 1886) incluye aproximadamente 350 especies en 19 géneros (Poinar 2008, Begay et al. 2012, Hanelt et al. 2012). Los nematomorfos son invertebrados vermiformes pseudocelomados, largos y delgados (10-20 cm, 0.25-3 mm de diámetro) cuyos adultos de vida libre, ocasionalmente alcanzan 1 m de longitud (Thorp & Rogers 2011). Sus larvas son endoparásitos de varios invertebrados (artrópodos) terrestres (principalmente grillos, saltamontes y mántidos; Poinar & Weissman 2004), acuáticos (moluscos, crustáceos, dípteros, efemerópteros, coleópteros, tricópteros; Arvy & Sowa 1976, Hanelt & Janovy 2004, De Villalobos et al. 2010) y algunos vertebrados (aves, mamíferos, humanos; Hanelt et al. 2005, Yamada et al. 2012). Se encuentran en todo tipo de hábitat acuático, y solo cinco

especies del género *Nectonema* (Verrill, 1879) son representantes de ambientes marinos y las demás, propias de sistemas dulceacuícolas y ribereños (Gordiidae May, 1919; Schmidt-Rhaesa 2001, Poinar 2008). Los nematomorfos dulceacuícolas han sido poco estudiados en Sudamérica (excepto en Argentina, De Villalobos et al. 2005). Para Chile, se han reportado seis especies, de las cuales *Gordius austrinus* (De Villalobos, Zanca & Ibarra-Vidal, 2005) se ha descrito como alimento de *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) (Ruiz & Figueroa 2005, De Villalobos et al. 2008). En general, los nematomorfos han sido subestimados en diversas investigaciones limnológicas y ecológicas (Moya et al. 2009, Guevara 2010), particularmente en sistemas acuáticos montanos.

A pesar que los nematomorfos se encuentran tanto en ambientes lénticos como lóticos, solo recientemente se han reportado estudios sobre el papel fundamental que desempeñan en las cadenas tróficas y el flujo de nutrientes en arroyos de ecosistemas boscosos de alta montaña (véase Sato et al. 2008, 2011a, 2012a). En ecosistemas boscosos andinos del sur de Chile, estos organismos pueden constituir un elemento fundamental para estudios ecológicos (y/o co-evolutivos [relación parásito-hospedador]; Guevara 2010). El objetivo central de la presente nota es destacar la importancia del filo Nematomorpha en arroyos andinos, particularmente su función e implicaciones en

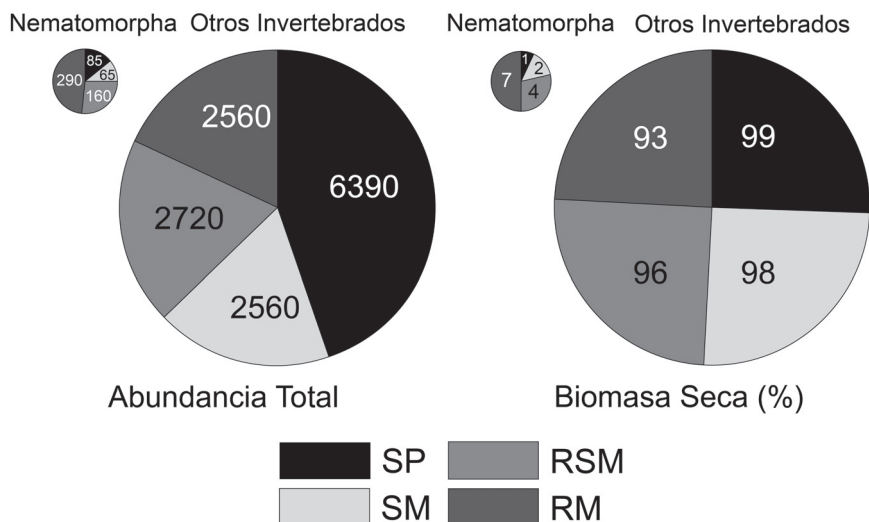


Fig. 1: Valores de abundancia (número total de individuos año⁻¹) y biomasa seca total anual (mg m⁻²) de nematomorfos presentes en cuatro microcuencas andinas contrastantes del sur de Chile durante 2008. La figura es escalar respecto de otros invertebrados acuáticos registrados en cada arroyo. Microcuencas con bosque ribereño; SP: siempreverde prístino, SM: siempreverde manejado, RSM: renoval sin manejo, RM: Renoval Manejado.

Abundance (total number year⁻¹) and total-annual dry biomass values (mg m⁻²) of nematomorphs presents in four contrasting Andean microcatchments of southern Chile during 2008. Figure keeps its ratio in relation to other aquatic invertebrates collected in each selected stream. Microcatchments with riparian forest; SP: pristine broadleaf evergreen, SM: managed broadleaf evergreen, RSM: deciduous without silvicultural management, RM: deciduous managed.

los patrones y procesos que influyen sobre la dinámica de nutrientes y las cadenas tróficas en sistemas acuáticos rodeados de bosques lluviosos altoandinos. En 2008 se seleccionaron cuatro microcuencas contrastantes, dos con bosque siempreverde maduro (control y con manejo silvícola: SP versus SM) y dos con renoval caducifolio de *Nothofagus alpina* ((Poepp. et Endl.) Oerst., 1872) (control y con manejo silvícola: RSM versus RM; véase Fig. 1 para explicación de abreviaturas), ubicadas en la estación experimental San Pablo de Tregua de la Universidad Austral de Chile (40°S). En esta zona se han propuesto diferentes ensayos experimentales de manejo silvicultural mediante el método de cuencas pareadas (control versus experimental), bajo una perspectiva a largo plazo (Oyarzún et al. 2009, Lara et al. 2010), con el objeto de establecer la dinámica en el flujo de agua y nutrientes (Oyarzún et al. 2011, Staelens et al. 2011), y cómo el manejo forestal afecta la composición, estructura y función de la flora y fauna (Schlegel & Donoso 2008, Lara et al. 2009, Oyarzún et al. 2009). Como parte de estas investigaciones, en cada microcuenca

se realizaron ensayos experimentales con bolsas de hojarasca (malla plástica de 20 x 20 cm; ojo de malla de 0.5/5 mm) para evaluar el efecto del manejo silvicultural de la vegetación ribereña sobre la estructura y función de invertebrados bentónicos (Guevara et al. 2009). En las cuatro microcuencas mencionadas, se determinó la abundancia y biomasa estacional de nematomorfos presentes tanto en las microcuencas como aquellos asociados con bolsas de hojarasca que contenían 10 g de hojas secas de las especies arbóreas siempreverdes dominantes *Laureliopsis philippiana* ((Looser) Schodde, 1934), *Myrceugenia planipes* ((Hook. et Harn.) Berg., 1861) y caducifolia *N. alpina*, las cuales se sometieron al proceso de descomposición bajo el agua, siguiendo un protocolo de extracción quincenal durante 90 días y determinación del peso seco durante cada evento de colecta (véase Guevara et al. 2009).

Guevara (2010) encontró una abundancia y biomasa relativamente alta de nematomorfos (*Gordius cf. austrinus*; De Villalobos et al. 2005)

presentes en los arroyos seleccionados de cada microcuenca (Fig. 1), con los valores más altos para la microcuenca con renovel secundario de *N. alpina* (RSM). Estos valores fueron concomitantes con la abundancia observada estacionalmente (Fig. 2), asociada con hojas de especies siempreverdes (*L. philippiana*, *M. planipes*) y caducifolia (*N. alpina*) incubadas en las bolsas de malla gruesa (5 mm). Sin embargo, la mayor abundancia se presentó durante el otoño en las especies siempreverdes y, durante otoño y primavera para *N. alpina* (Fig. 2).

Nuestros resultados mostraron una mayor abundancia de nematomorfos principalmente durante otoño y primavera, aspectos que coinciden con lo reportado por otros autores (véase Salas et al. 2011 y referencias). Sin embargo, su asociación con bolsas de hojarasca requiere de un análisis más detallado, ya que es probable que hembras y machos de nematomorfos (véase Daoust et al. 2012) sean "atraídos" por la hojarasca presente dentro de las bolsas y/o retenida a lo largo de los arroyos. Éste sustrato orgánico puede ser aprovechado por las hembras para oviponer y permitir el desarrollo de larvas que parasitan potenciales invertebrados hospedadores (véase detalles del ciclo de vida en Hanelt et al. 2005), los cuales colonizan dicha hojarasca durante el proceso de descomposición (Guevara 2010). Los nematomorfos son parásitos que pueden jugar un papel ecológico importante en la estructura de las comunidades y en la función de los ecosistemas (Lafferty et al. 2006, Wood

et al. 2007, Kuris et al. 2008), particularmente los dulceacuícolas-riberños (Sato et al. 2011a, Daoust et al. 2012).

La presencia del filo Nematomorpha en arroyos de montaña y su asociación con los diferentes ensayos de descomposición (véase Guevara 2010), deja abierta la posibilidad de evaluar aspectos de parasitismo en ecosistemas dulceacuícolas cordilleranos y con ello definir los potenciales hospedadores acuáticos, los cuales pueden ser moluscos, crustáceos e insectos (Hanelt et al. 2005). Esta información determinará su papel ecológico y su dinámica en las cadenas tróficas y el flujo de nutrientes en arroyos boscosos andinos.

AGRADECIMIENTOS: G. Guevara agradece el apoyo de la Universidad Austral de Chile (MECESUP UCO0214 – AUS0703, DIDUACH D-2007-05), RLB (RLB08-AT04), CONICYT (AT-24080035, TT-23090247) y al proyecto FONDECYT 1050313. En campo fue valiosa la asistencia de Don César Aguilera y Juan Ávila. Los autores agradecen las valiosas sugerencias realizadas por parte de los editores (general, asociado y de producción).

LITERATURA CITADA

- ARVY L & R SOWA (1976) Researches on the internal parasites in Ephemeroptera around Krakow, Poland (In French). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparee* (France) 51: 111-120.
- BEGAY A, A SCHMIDT-RHAESA, MG BOLEK & B HANELT (2012) Two new *Gordionus* species (Nematomorpha: Gordiida) from the southern Rocky Mountains. *Zootaxa* 3406: 30-38.
- BYERS JE (2009) Including parasites in food webs. *Trends in Parasitology* 25: 55-57.

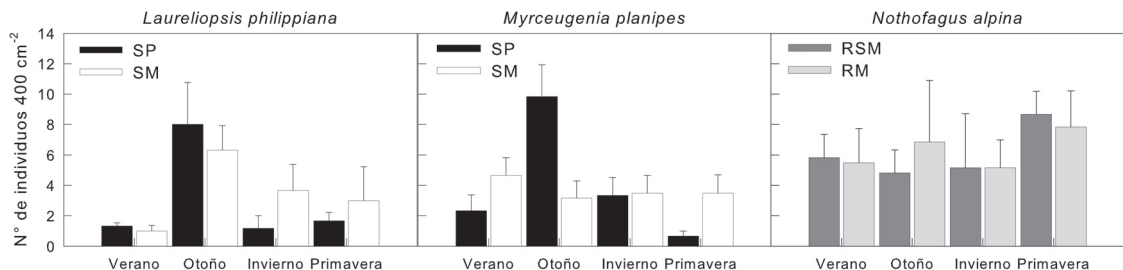


Fig. 2: Número de individuos del filo Nematomorpha registrados estacionalmente (promedio ± EE, n = 24) durante 2008 en bolsas de hojarasca de malla gruesa (20 x 20 cm, 5 mm) en microcuencas contrastantes del sur de Chile. Abreviaturas como en Fig. 1.

Seasonal number of individuals of the Phylum Nematomorpha (mean ± SE, n = 24) registered during 2008 into coarse litter bags (20 x 20 cm, 5 mm) in contrasting microcatchments of southern Chile. Abbreviations as in Fig. 1.

- DAOUST SP, B SCHATZ, D MISSÉ & F THOMAS (2012) Ecology of Gordian knots in natural conditions. *Invertebrate Biology* 131: 294-300.
- DE VILLALOBOS C, F ZANCA & H IBARRA-VIDAL (2005) Redescription and new records of freshwater Nematomorpha (Gordiida) from Chile, with the description of two new species. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 673-686.
- DE VILLALOBOS C, JJ ORTIZ-SANDOVAL & E HABIT (2008) Finding of *Gordius austrinus* De Villalobos, Zanca & Ibarra - Vidal, 2005 (Gordiida, Nematomorpha) in the stomach of *Salmo trutta* (Salmoniformes) in Patagonia. *Gayana* 72: 31-35.
- DE VILLALOBOS C, L SALAS, F ZANCA & A ATENCIO (2010) The occurrence of epibionts of Gordiida (Nematomorpha) in Catamarca, Argentina. *Acta Parasitologica* 55: 281-285.
- GUEVARA G, R GODOY, P BOECKX, C JARA & CE OYARZÚN (2009) Leaf litter dynamics in headwater streams of the Chilean Andes: influence of shredders and silvicultural activities. En: Oyarzún CE, NEC Verhoest, P Boeckx & R Godoy (eds) *Ecological advances on Chilean temperate rainforests*: 51-54. Academia Press, Ghent, Belgium.
- GUEVARA G (2010) Perturbación antropogénica en arroyos de microcuencas boscosas andinas del sur de Chile: respuestas en descomposición de hojarasca, invertebrados bentónicos y fraccionamiento isotópico. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- HANELT B & J JANOVY (2004) Life cycle and paratenesis of American Gordiids (Nematomorpha: Gordiida). *Journal of Parasitology* 90: 240-244.
- HANELT B, F THOMAS & A SCHMIDT-RHAESA (2005) Biology of the Phylum Nematomorpha. En: Baker JR, R Muller & D Rollinson (eds) *Advances in parasitology*: 243-305. Academic Press, Amsterdam, Germany.
- HANELT B, M BOLEK & A SCHMIDT-RHAESA (2012) Hairworm Biodiversity Survey. URL: <http://www.nematomorpha.net/index.html> (accedido Agosto 12, 2012).
- KURIS AM, RF HECHINGER, JC SHAW, KL WHITNEY, L AGUIRRE-MACEDO et al. (2008) Ecosystem energetic implications of parasite and free-living biomass in three estuaries. *Nature* 454: 515-518.
- LAFFERTY KD, AP DOBSON & AM KURIS (2006) Parasites dominate food web links. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103: 11211-11216.
- LAFFERTY KD, S ALLESINA, M ARIM, CJ BRIGGS, G DE LEO et al. (2008) Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecology Letters* 11: 533-546.
- LARA A, C LITTLE, R URRUTIA, J MCPHEE, C ÁLVAREZ-GARRETÓN et al. (2009) Assessment of ecosystem services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. *Forest Ecology and Management* 258: 415-424.
- LARA A, C LITTLE, C DONOSO & C MORENO (2010) Investigación de largo plazo en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 617-618.
- MOYA C, C VALDOVINOS, A MORAGA, F ROMERO, P DEBELS & A OYANEDEL (2009) Patrones de distribución espacial de ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 425-442.
- OYARZÚN CE, NEC VERHOEST, P BOECKX & R GODOY (eds) (2009) *Ecological advances on Chilean temperate rainforests*. Academia Press, Ghent, Belgium.
- OYARZÚN CE, R GODOY, J STAELENS, PJ DONOSO & NEC VERHOEST (2011) Seasonal and annual throughfall and stemflow in Andean temperate rainforests. *Hydrological Processes* 25: 623-633.
- POINAR G & DB WEISSMAN (2004) Hairworm and nematode infections of North American Jerusalem crickets, field crickets, and katydids (Orthoptera: Stenopelmataidae, Gryllidae and Tettigoniidae). *Journal of Orthoptera Research* 13: 143-147.
- POINAR G (2008) Global diversity of hairworms (Nematomorpha: Gordiaceae) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 79-83.
- POINAR G (2010) Nematoda and Nematomorpha. En: Thorp JH & AP Covich (eds) *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*: 237-276. Tercera edición, Academic Press, San Diego.
- RUIZ VH & R FIGUEROA (2005) Primer registro de Nematomorpha Gordiida en contenidos estomacales de peces de ríos chilenos. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile)* 76: 57-60.
- SALAS L, C DE VILLALOBOS & F ZANCA (2011) Sexual size dimorphism, sex ratio and the relationship between seasonality and water quality in four species of Gordiida (Nematomorpha) from Catamarca, Argentina. *Journal of Helminthology* 85: 319-324.
- SATO T, M ARIZONO, R SONE & Y HARADA (2008) Parasite-mediated allochthonous input: Do hairworms enhance subsidized predation of stream salmonids on crickets? *Canadian Journal of Zoology* 86: 231-235.
- SATO T, K WATANABE, M KANAIWA, Y NIIZUMA, Y HARADA & KD LAFFERTY (2011a) Nematomorph parasites drive energy flow through a riparian ecosystem. *Ecology* 92: 201-207.
- SATO T, K WATANABE, N TOKUCHI, H KAMAUCHI, Y HARADA & KD LAFFERTY (2011b) A nematomorph parasite explains variation in terrestrial subsidies to trout streams in Japan. *Oikos* 120: 1595-1599.
- SATO T, T EGUSA, K FUKUSHIMA, T ODA, N OHTÉ et al. (2012a) Nematomorph parasites indirectly alter the food web and ecosystem function of streams through behavioural manipulation of their cricket hosts. *Ecology Letters* 15: 786-793.
- SATO T, K WATANABE, S TAMOTSU, A ICHIKAWA & A SCHMIDT-RHAESA (2012b) Diversity of nematomorph and cohabiting nematode parasites in riparian ecosystems around the Kii Peninsula, Japan. *Canadian Journal of Zoology* 90: 829-838.
- SCHLEGEL BC & PJ DONOSO (2008) Effects of forest type and stand structure on coarse woody debris in old-growth rainforests in the Valdivian Andes, south-central Chile. *Forest Ecology and Management* 255: 1906-1914.
- SCHMIDT-RHAESA A (2001) Problems and perspectives in the systematics of Nematomorpha. *Organisms Diversity & Evolution* 1: 161-163.
- STAELENS J, N AMELOOT, L ALMONACID, E PADILLA, P BOECKX et al. (2011) Litterfall, litter decomposition and nitrogen mineralization in old-growth evergreen and secondary deciduous

- Nothofagus* forests in south-central Chile. Revista Chilena de Historia Natural 84: 125-141.
- THORP JH & DC ROGERS (2011) Hairworms: Phylum Nematomorpha. En: Thorp JH & DC Rogers (eds) Field guide to freshwater invertebrates of North America: 61-63. Academic Press, Boston.
- WOOD CL, JE BYERS, KL COTTINGHAM, I ALTMAN, MJ DONAHUE & AMH BLAKESLEE (2007) Parasites alter community structure. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 104: 9335-9339.
- WOOD MJ (2007) Parasites entangled in food webs. Trends in Parasitology 23: 8-10.
- YAMADA M, T TEGOSHI, N ABE & M URABE (2012) Two Human Cases Infected by the Horsehair Worm, *Parachordodes* sp. (Nematomorpha: Chordodidae), in Japan. Korean Journal of Parasitology 50: 263-267.

Responsabilidad editorial: Mario George-Nascimento

Recibido el 14 de agosto de 2012; aceptado el 28 de diciembre de 2012

