

ECOLOGÍA Y TAXONOMÍA DE NEMÁTODOS MARINOS DE VIDA LIBRE EN BAHÍA DE CIENFUEGOS, CUBA

Autoría principal: Maickel Armenteros Almanza

Otros autores: José Andrés Pérez García, Alexei Ruiz Abierno, Wilfrida Decraemer, Magda Vincx, Lisbet Díaz-Asencio, Raúl Fernández Garcés y Yusmila Helguera Pedraza

Colaboradores: Carlos Alonso Hernández, Jesús Beltrán, Yoelvis Bolaños Álvarez, Misael Díaz Asencio, Miguel Gómez Batista, Alejandro Pérez Angulo, Reinaldo Regadera

Entidad ejecutora principal: Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana (UH)

Otras entidades participantes: Royal Belgian Institute for Natural Science (RBINS), Belgium; Universiteit Gent (UGent), Belgium y el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, CITMA (CEAC)

Autor para la correspondencia: Maickel Armenteros. Centro de Investigaciones Marinas, Universidad de La Habana. 16 # 114, Playa, Habana. maickel@cim.uh.cu

Maickel Armenteros (36%). Diseñó la investigación integrando las diferentes tareas, colectó las muestras, realizó el experimento, procesó las muestras, analizó los datos y escribió los artículos.

José Andrés Pérez García (10%). De varias de las tareas: colectó las muestras, realizó el experimento, procesó las muestras, analizó los datos y escribió los artículos.

Alexei Ruiz Abierno (10%). De varias de las tareas: procesó las muestras y realizó el experimento.

Wilfrida Decraemer (10%). Diseñó varias de las tareas y escribió los artículos.

Magda Vincx (10%). Diseñó varias de las tareas y escribió los artículos.

Lisbet Díaz-Asencio (8%). De varias de las tareas: colectó y procesó las muestras.

Raúl Fernández Garcés (8%). De varias de las tareas: colectó y procesó las muestras.

Yusmila Helguera Pedraza (8%). De varias de las tareas: colectó y procesó las muestras.

RESUMEN

La presente investigación constituye un aporte al conocimiento de la ecología y taxonomía de los nematodos marinos de vida libre en la Bahía de Cienfuegos y La Habana, Cuba. Es el resultado de cuatro tareas principales de investigación realizadas entre el 2006 y 2010 y la colaboración entre el CIM-UH, instituciones belgas (RBINS y UGent) y el CEAC. El problema científico es que no se conoce para aguas cubanas la diversidad de nematodos marinos, las causas ecológicas que afectan su distribución, el impacto de actividades antrópicas y por extensión su utilidad como indicador ambiental. Lo anterior motivó plantearse como objetivo general contribuir al conocimiento de la ecología y taxonomía de los nemátodos marinos. Los objetivos específicos fueron: (1) Describir los patrones de diversidad de nemátodos marinos en espacio y tiempo y discutir sus posibles causas; (2) Probar los efectos del enriquecimiento orgánico sobre los nemátodos en un experimento de microcosmos; (3) Revisar el género *Terschellingia* de Man, 1888 y proponer una clave para la identificación de sus especies; y (4) Describir nuevas taxa de nemátodos marinos para la ciencia. Los resultados de la investigación han sido presentados en seis publicaciones científicas internacionales y una nacional; tres ponencias en eventos internacionales y se han defendido una tesis de doctorado y dos de licenciatura. Se obtuvo información novedosa sobre la biodiversidad y ecología de los nemátodos en las bahías de Cienfuegos y La Habana, así como el nivel de contaminación en estos ecosistemas y la utilidad de los nemátodos como bioindicadores. La revisión taxonómica resolvió el conflicto taxonómico del género *Terschellingia* y permite la identificación de sus especies. Se propusieron cuatro géneros y especies nuevos para la ciencia: *Cienfuegia cachoi* Armenteros, Vincx y Decraemer, 2009; *Guitartia tridentata* Armenteros, Vincx y Decraemer, 2010; *Macrodontium gaspari* Armenteros, Vincx y Decraemer, 2010; y *Pseudoterschellingia ibarrae* Armenteros, Vincx y Decraemer, 2009; ello constituye un aporte importante para la estimación de la biodiversidad y taxonomía del grupo. Para cada especie de realizaron descripciones taxonómicas, dibujos, fotos y claves de identificación; se discuten también las relaciones dentro de las familias correspondientes.

COMUNICACIÓN CORTA

Antecedentes

Los nemátodos constituyen el phylum de metazoos más abundante en La Tierra y han sido definidos además como un grupo hiper-diverso con cerca de 25 000 especies descritas y una cantidad potencialmente mayor por descubrir. Los nemátodos marinos juegan un papel esencial en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de fondo blando y su estudio tiene importancia científica en las disciplinas de la taxonomía y ecología, pero también importancia aplicada para la

evaluación ambiental y las ciencias biológicas en general. En Cuba existen un par de estudios ecológicos publicados en revistas nacionales sobre este grupo.

El problema científico es que no se conoce para aguas cubanas la diversidad de nemátodos marinos, las causas ecológicas que afectan la distribución, el impacto de las actividades antrópicas sobre sus comunidades y por extensión su utilidad como indicador ambiental. Lo anterior motivó plantearse como objetivo general contribuir al conocimiento de la ecología y taxonomía de los nemátodos marinos de vida libre en las bahías de Cienfuegos y La Habana. Los objetivos específicos fueron:

- 1) Describir los patrones de diversidad de nemátodos marinos en espacio y tiempo y discutir sus posibles causas;
- 2) Probar los efectos del enriquecimiento orgánico sobre los nemátodos en un experimento de microcosmos;
- 3) Revisar el género *Terschellingia* de Man, 1888 y proponer una clave para la identificación de sus especies;
- 4) Describir nuevos taxa de nemátodos marinos para la ciencia.

La investigación fue estructurada en dos partes; la primera se refiere a la ecología de nemátodos e incluyó dos tareas de investigación: (i) descripción de patrones de biodiversidad en la Bahía de Cienfuegos y La Habana; y (ii) un estudio experimental de los efectos del enriquecimiento orgánico sobre los nemátodos. Sobre la base de los patrones obtenidos en el medio natural (tarea i) se propusieron varias hipótesis que podían explicar los resultados.

Se usó a posteriori el enfoque experimental para probar en microcosmos los efectos de uno de los posibles factores ecológicos (i.e. enriquecimiento orgánico) identificado como causa de los patrones. La segunda parte trata sobre taxonomía y se basa en las muestras obtenidas de las tareas ecológicas previamente mencionadas; consistió de otras dos tareas de investigación: (iii) una revisión taxonómica del género más abundante en la bahía (*Terschellingia*) y (iv) la propuesta de cuatro géneros de nemátodos marinos nuevos para la ciencia: *Cienfuegia*, *Guitartia*, *Macrodontium* y *Pseudoterschellingia*.

Las cuatro tareas de investigación siguen una línea lógica de búsqueda científica y están estrechamente interconectadas: primero saber que existe, en términos de nematofauna, en las bahías de Cienfuegos y La Habana y como varía en espacio y tiempo; segundo, probar experimentalmente una de las hipótesis más fuertes que se originaron del trabajo descriptivo inicial; tercero, resolver el problema taxonómico que surgió con el grupo más abundante en la bahía (i.e. género *Terschellingia*); y cuarto, describir las novedades para la ciencia que constituyeron las nuevas especies descubiertas. Los resultados serán resumidos a continuación en el mismo orden que se mencionaron, las referencias completas a los artículos se listan en el acápite 6.

(i) Patrones de biodiversidad de nemátodos marinos en las bahías de Cienfuegos y La Habana

Los resultados de esta tarea fueron publicados en los artículos 1, 6 y 7. La novedad de este resultado es que por primera vez se publica una descripción detallada de los patrones de biodiversidad de las comunidades de nematodos marinos en bahías tropicales. En particular en la bahía de La Habana se enfatiza en la relación entre la fuerte contaminación del ecosistema y la macro- y meiofauna (de la que los nemátodos constituyen la mayoría).

i.1) Bahía de Cienfuegos

En el estudio de la bahía de Cienfuegos se aplicó un enfoque taxonómico y uno funcional para describir la estructura de la comunidad y relacionarla con el ambiente abiótico. La combinación de rasgos biológicos más común fue nematodos detritívoros, con capacidades de colonización intermedias de 2–3 (en una escala de 1 a 5), cola cónico-cilíndrica o filiforme y cuerpo fino; su abundancia se correlacionó con la profundidad, la materia orgánica y la cantidad de fango en el sedimento. El número de combinaciones de rasgos y la riqueza de especies estuvieron altamente correlacionados sugiriendo que la biodiversidad específica promueve la diversidad funcional. La contaminación química y el régimen hidrodinámico posiblemente determinaron los patrones de biodiversidad. La distribución espacial de las comunidades concuerda con el modelo de dos cuencas bien diferenciadas en la bahía: la norte más contaminada que la sur. El régimen hidrodinámico lento pudiera determinar una pobre dispersión de los nemátodos resultando en una varianza espacial alta; este factor y los contaminantes pueden explicar la dominancia de especies tolerantes. La comparación de los patrones espacio-temporales de biodiversidad entre la bahía de Cienfuegos y otras bahías semi-cerradas en regiones templadas sugirieron similitudes comunes.

i.2) Bahía de La Habana

Las comunidades de la infauna (macro- and meiobentos) y varios factores abióticos fueron muestreados en cuatro estaciones en la Bahía de La Habana en junio del 2006. Una comparación de concentración de contaminantes con valores de referencia indicó que la bahía está fuertemente contaminada. Varios tipos de contaminantes fueron detectados en los sedimentos y se registró eutrofización en el agua. Existieron diferencias en la naturaleza de la contaminación entre las ensenadas: las más contaminadas fueron Marimelena, fundamentalmente por metales de origen industrial (Cr, Co, Mn, Ni, V) y Atarés, principalmente por metales de origen urbano (Pb y Zn) y enriquecimiento orgánico. Las comunidades de la infauna estuvieron fuertemente impactadas en el número de taxa y la densidad; y una defaunación casi total ocurrió en la ensenada más impactada. Solo especies de nemátodos marinos de vida libre tolerantes a la contaminación estuvieron presentes en muy bajas densidades en los sedimentos. La explicación más plausible de estos resultados es el efecto negativo de la contaminación sobre la infauna. El régimen hidrodinámico aparentemente modula los efectos de la contaminación sobre las comunidades de nemátodos en el canal de entrada de la

bahía por aumentar la cantidad de micro-hábitat disponible y/o facilitar los procesos de colonización.

(ii) Efectos del enriquecimiento orgánico en un experimento de microcosmos.

Los resultados fueron publicados en el artículo 2. La novedad de este resultado es que por primera vez se realiza en Cuba un experimento de microcosmo (ecosistema experimental) para probar una hipótesis ecológica. En esta tarea de investigación las comunidades de nemátodos marinos de la Bahía de Cienfuegos fueron sometidos a un tratamiento de enriquecimiento orgánico en un experimento de laboratorio (i.e. microcosmo) por 32 días. La diversidad y abundancia de nemátodos disminuyó y la estructura trófica y taxonómica de la comunidad cambió significativamente. Los resultados sugirieron que los nemátodos no fueron limitados por alimento en los microcosmos ni en el medio natural. Las sustancias derivadas de la reducción de los sedimentos (e.g. amonio y sulfuro de hidrógeno) pueden ser importantes factores que afectan las comunidades. Existieron condiciones de hipoxia en todas las unidades experimentales y en condiciones de campo lo que sugiere que las comunidades están adaptadas a sedimentos enriquecidos orgánicamente. Las especies tolerantes mostraron un rango de sensibilidad a las condiciones reducidas. Predecimos, de acuerdo al modelo por Pearson y Rosenberg (1978), que el ulterior enriquecimiento orgánico en los sedimentos de la Bahía de Cienfuegos puede causar un cambio de fase hacia una fauna béntica fuertemente deprimida y condiciones reducidas en el agua y los sedimentos.

(iii) Revisión taxonómica del género *Terschellingia*.

Los resultados de esta tarea fueron publicados en el artículo 3. La novedad de este resultado es que por primera vez se publica una revisión dedicada solo a este género que actualmente está recibiendo mucha atención de la comunidad científica por su naturaleza cosmopolita, por ser tolerante a altos niveles de contaminación y por la alta diversidad intra- e interespecífica que posee.

El género *Terschellingia* (Nematoda: Linhomoeidae), cosmopolita y dominante ecológico, es un taxón problemático desde el punto de vista taxonómico. Sus especies tienen alta plasticidad morfológica, poseen pocos caracteres diagnósticos y no existen claves de identificación. Se realizó una revisión taxonómica del género basada en datos morfológicos y morfométricos de la literatura y de observaciones de especímenes colectados en la Bahía de Cienfuegos. La diagnosis del género *Terschellingia* fue modificada. De las 39 especies nominales, 16 se consideran válidas. Se creó una clave pictórica y una tabular para la identificación. Se redescubrieron tres especies simpátricas: *T. communis*, *T. goubaultae* y *T. longicaudata* en base a especímenes colectados en Cuba. La variación intraespecífica más alta pertenece a la especie cosmopolita más ampliamente distribuida *T. longicaudata*, lo que sugiere que la plasticidad morfológica facilita la adaptación. La inflación taxonómica del género (14 especies inquirienda y nueve sinonimias), probablemente presente en otros géneros de nemátodos, puede llevar a una sobreestimación de la alfa-diversidad del grupo.

(iv) Cuatro géneros nuevos para la ciencia

Los resultados de esta tarea fueron publicados en los artículos 4 y 5. La novedad de este resultado es el descubrimiento para la ciencia de cuatro géneros y especies nuevos de nematodos marinos de vida libre. Este resultado es una contribución al estudio de la biodiversidad de nemátodos marinos de vida libre en el planeta, añadiendo cuatro géneros a los aproximadamente 450 ya descritos.

Cienfuegia Armenteros, Vincx y Decraemer, 2009 pertenece a Xyalidae por la posición de la gónada anterior a la izquierda del intestino, cutícula estriada, segundo y tercer círculo de sensilas labiales al mismo nivel y cavidad bucal rodeada por la faringe. Cienfuegia se diferencia de otros géneros por la cavidad bucal dividida en dos partes y por las cuatro setas cefálicas más largas que las seis setas labiales externas.

Pseudoterschellingia Armenteros, Vincx y Decraemer, 2009 se ubica dentro de Linhomoeidae por la presencia de fóvea anfidal circular y anterior, cavidad bucal estrecha y sin dientes, cardia conspicuo y apófisis en el gubernaculo. Pseudoterschellingia es morfológicamente cercano a los géneros Terschellingia y Terschellingioides pero se diferencia por la fóvea cripto-espiral y la cavidad bucal rodeada por tejido faríngeo.

Guitartia Armenteros, Vincx y Decraemer, 2010 se caracteriza por tres estructuras alargadas similares a dientes en el estegostoma, el segundo y tercer círculo de sensilas labiales separadas y la rama genital posterior del ovario reducida a una bolsa. Guitartia es morfológicamente cercana a los géneros Amphimonhystrella, Cobbia, Elzalia, Scaptrella y Valvaelaimus. Los caracteres fundamentales para la identificación son el tipo de estructura bucal, la forma y tamaño de la fóvea, la presencia de un saco postvulvar y de apófisis en el gubernaculo y la ausencia de setas terminales en la cola.

Macrodontium Armenteros, Vincx y Decraemer, 2010 se caracteriza por un estoma fuertemente esclerotizado con un diente dorsal grande y dos dientes subventrales más pequeños, dimorfismo sexual en la fóvea y los machos con un solo teste anterior. Dentro de la familia Microlaimidae, Macrodontium es similar a Acanthomicrolaimus, Bolbolaimus y Aponema. Los caracteres de valor diagnóstico dentro de la familia son la ornamentación de la cutícula, la longitud de las sensilas labiales, la esclerotización del estoma y el número de testes.

La información contenida en estos estudios ha sido publicada en seis artículos científicos en revistas internacionales de impacto lo que refleja de la novedad e importancia para la comunidad científica de nuestros resultados. Se han defendido tres tesis (una de doctorado y dos de licenciatura) en el marco de esta investigación y sean presentados tres ponencias en eventos internacionales.

Publicaciones científicas y tesis

Artículos internacionales en la "Web of Science (WoS)"; (Grupo 1):

(1) Armenteros, M., A. Ruiz-Abierno, R. Fernández-Garcés, J.A. Pérez-García, L. Díaz-Asencio, M. Vincx, W. Decraemer (2009). Biodiversity patterns of free-living marine nematodes in a tropical bay: Cienfuegos, Caribbean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **85**, 179-189. Factor de impacto en 5 años (F.I.-5) en 2009: 2.366.

(2) Armenteros, M., J.A. Pérez-García, A. Ruiz-Abierno, L. Díaz-Asencio, Y. Helguera, M. Vincx, W. Decraemer (2010). Effects of organic enrichment on nematode assemblages in a microcosm experiment. *Marine Environmental Research*, **70**, 374-382. F.I.-5 en 2009: 2.060.

(3) Armenteros, M., A. Ruiz-Abierno, M. Vincx, W. Decraemer (2009). A morphometric analysis of the genus *Terschellingia* (Nematoda: Linhomoeidae) with redefinition of the genus and key to the species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **89**, 1257-1267. F.I.-5 en 2009: 1.172.

(4) Armenteros, M., M. Vincx, W. Decraemer (2009). *Cienfuegia* gen. nov. (Xyalidae) and *Pseudoterschellingia* gen. nov. (Linhomoeidae), two new genera of free-living marine nematodes from the Caribbean Sea. *Journal of Natural History*, **43**(17), 1067-1081. F.I.-5: 0.764.

(5) Armenteros, M., M. Vincx, W. Decraemer (2010). *Guitartia tridentata* n. gen., n. sp. (Monhysterida: Xyalidae) and *Macrodontium gaspari* n. gen., n. sp. (Chromadorida: Microlaimidae), free-living marine nematodes from the Caribbean Sea. *Nematology*, **12**(3), 417-427. F.I.-5: 0.964.

Artículo en revista internacional no indexada en WoS; (Grupo 2):

(6) Pérez-García, J.A., M. Armenteros, L. Díaz-Asencio, M. Díaz-Asencio, A. Ruiz-Abierno, R. Fernández-Garcés, Y. Bolaños-Alvarez, C. Alonso-Hernández (2009). Spatial distribution of nematode assemblages in Cienfuegos Bay (Caribbean Sea), and their relationships with sedimentary environment. *Meiofauna Marina*, **17**, 71-81.

Artículo en revista nacional no acreditada por el CITMA; (Grupo Otros):

(7) Armenteros, M., A. Pérez-Angulo, R. Regadera, J. Beltrán, M. Vincx, W. Decraemer (2009). Effects of heavy and chronic pollution on macro- and meiobenthos of Havana Bay, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana*, **30**(3), 203-214.

Tesis de Doctorado:

1. "Ecology and taxonomy of free-living marine nematodes from Cienfuegos Bay, Caribbean Sea". Autor: Maickel Armenteros, defendida en la Universidad de Gante, Bélgica en 2009.

Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba. Vol.4, No.2, Año 2014 7

Tesis de Licenciatura:

1. "Distribución espacial de las comunidades de nematodos marinos de vida libre en la Bahía de Cienfuegos, Cuba". Autor: José Andrés Pérez García, defendida en la Universidad de La Habana en 2006.
2. "Comunidades de la meiofauna y macrofauna en la Bahía de La Habana". Autor: Alejandro Pérez Angulo, defendida en la Universidad de La Habana en 2007.