

Nematodos fitoparasitos asociados al cultivo de Maiz (*Zea mais* L.) en las regiones de Puno y Cusco

Phytoparasitic nematodes associated with the cultivation of Maize (*Zea mais* L.) in the regions of Puno and Cusco

Israel Lima-Medina¹, Rosario Y. Bravo, María I. Aguilar-Gomez

Facultad de Ciencias Agrarias - Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú. ¹Autor para correspondencia: islimes@hotmail.com

ARTÍCULO ORIGINAL

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido 15-09-2017
Aceptado 26-11-2017
On line: 08-01-2018

PALABRAS CLAVES:

Nematodos fitoparásitos,
caracterización morfológica.

ORIGINAL ARTICLE

ARTICLE INFORMATION

Received 15-09-2017
Accepted 26-11-2017
On line: 08-01-2018

KEY WORDS:

plant parasitic nematodes.
Morphological characterization.

RESUMEN

El maíz es un cereal de importancia mundial por sus diferentes usos industriales y valor nutritivo; sin embargo los efectos ocasionados por la presencia de nematodos en el maíz pueden ser muy perjudiciales. Por ello se planteó el presente trabajo con el objetivo principal de reconocer e identificar los nematodos fitoparasitos asociados a este cultivo en las regiones de Puno y Cusco; para el efecto se recolectaron 131 muestras de suelo durante la campaña 2015-2016 en la Región Puno, (distritos de Chupa, Sandía, San Juan del Oro, Cuyocuyo, Ayapata, Ollachea, San Gabán); y 30 muestras en la Región Cusco, (distritos de Pisac y Urubamba). Las muestras de suelo fueron procesadas por el método de fluctuación centrífuga en solución sacarosa. Una vez analizadas las muestras, los resultados determinan la presencia de los siguientes géneros de nematodos: *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Globodera* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp. *Dorylaimus* spp. y nematodos de Vida libre. Reportar la presencia de seis géneros asociados con el cultivo de maíz es de interés científico, porque permitirá continuar con investigaciones técnicas aplicadas.

ABSTRACT

Corn is a cereal of global importance for its different industrial uses and nutritional value; however, the effects caused by the presence of nematodes in the corn can be very harmful. For this reason, the present work was proposed with the main objective of recognizing and identifying the parasitic plants nematodes associated with this crop in the regions of Puno and Cusco; For this purpose, 131 soil samples were collected during the 2015-2016 campaign in the Puno Region (districts of Chupa, Sandia, San Juan del Oro, Cuyocuyo, Ayapata, Ollachea, and San Gabán); and 30 samples in the Cusco Region, (districts of Pisac and Urubamba). The soil samples were processed by the centrifugal fluctuation method in sucrose solution. After analyzing the samples, the results determine the presence of the following genera of nematodes: *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Globodera* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp. *Dorylaimus* spp. and free-living nematodes. Reporting the presence of six genera associated with the cultivation of corn is of scientific interest, because it will allow continuing applied technical research.

INTRODUCCIÓN

Entre los cereales, el maíz constituye un alimento de mucha importancia por su poder nutritivo (MINAG, 2015). Es considerado uno de los cultivos agrícolas de mayor trascendencia y repercusión por el impacto socio económico que representa para el poblador (Serratos, 2009). A nivel nacional la superficie sembrada es de 441,100 hectáreas, con una producción de 1'500,000 de toneladas (INEI, 2016). Sin embargo este cultivo está sujeto al ataque de plagas y enfermedades, de ellas las más perjudiciales y comúnmente conocidas son el “cañero” (*Diatraea saccharalis* Fabricius), “mazorquero” (*Heliothis zea* Boddie) y el “cogollero” (*Spodoptera frugiperda* Smith y Abbott). Entre las enfermedades más significativas se reporta a la “roya del maíz” (*Puccinia sorghi* Schwein), “carbón del maíz” (*Ustilago maydis* DC.) y la “marchitez bacteriana” (*Erwinia stewartii* Smith).

Además de plagas y enfermedades que puedan afectar a este cultivo también es necesario prestarle atención a los nematodos, que son mencionados como organismos vermiformes microscópicos (Tylka, 2007) y suelen ser desconocidos por muchos agricultores debido a los pocos estudios realizados entre la interacción de los nematodos y la planta de maíz.

Entre los nematodos parásitos de plantas el género *Meloidogyne* presenta más de 98 especies (Jones *et al.*, 2013), de las cuales las más comunes son *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood y *M. hapla* (Karssen, *et al.*, 2013; Jones *et al.*, 2013), que son responsables de ocasionar las mayores pérdidas económicas que oscilan entre 12 y 20% (Hussey y Janssen, 2002). Los géneros de nematodos más conocidos que afectan al cultivo de maíz son *Meloidogyne* Goeldi, *Hoplolaimus* vonDaday, *Pratylenchus* Cobb, *Belonolaimus* Steiner, *Longidorus* kheirii, *Paratrichodorus* Siddiqi (Koenning *et al.* 1999), quienes asociadas ocasionan pérdidas significantes al cultivo.

Asimismo en otros países del mundo más de 60 especies de nematodos fitoparásitos han sido asociadas al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Muchas de ellas recuperadas directamente de las raíces y otras desde el suelo colectado alrededor de las plantas; sin embargo, la información relacionada con biología o patogenicidad es limitada. Especies de nematodos como *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera* son consideradas como las más importantes y patogénicas al maíz (McDonald y Nicol, 2005).

En nuestro país, la información nematológica relacionada con el cultivo de maíz es bastante escasa; y en la mayoría de los casos los nematodos han sido identificados sólo a nivel de género, por lo que es ineludible realizar estudios y trabajos de investigación más precisos en relación a identificación, hospedabilidad y comportamiento; en condiciones de los distritos de Puno y Cusco en los que se evidencia una considerable producción de maíz; por ello, se planteó la necesidad de realizar esta investigación, con el objetivo de reconocer e identificar los nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz en las regiones de Puno y Cusco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación consta de dos fases; el desarrollo de la primera fase se realizó en campo, en las principales zonas de producción de las Regiones de Puno y Cusco. La segunda fase consistió en el procesamiento de muestras en laboratorio (mega laboratorio y laboratorio de Entomología) en la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. La fase de campo consistió en el muestreo de suelo en siete distritos de la Región Puno (Tabla 1) y dos distritos de la Región Cusco (Tabla 2); de cada distrito se muestrearon tres a cinco productores; en total se tomaron 161 muestras de suelo de 41 parcelas. Se utilizaron fichas de campo para las evaluaciones respectivas en las zonas de producción (Figura 1).

Tabla 1: Distritos evaluados en la Región Puno

Provincias de la región de Puno	Distritos	Coordenadas geográficas	Nº de parcelas evaluadas	Nº de muestra por parcela
Azángaro	Chupa	S15°06'17" W69°59'34"	5	15
	Sandia	S14°19'23" W69°28'00"	7	36
Sandia	Cuyocuyo	S69°28'00" W14°28'12"	5	25
	San Juan del oro	S14°17'13" W69°13'00"	4	19
	Ayapata	S13°43'08" W70°27'05"	4	12
Carabaya	San Gabán	S13°26'00" W70°23'22"	5	15
	Ollachea	S13°43'37" W70°27'43"	3	9
TOTAL			33	131

Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 2: Distritos evaluados para el análisis nematológico en la Región Cusco

Provincias de la región Cusco	Distritos	Coordenadas geográficas	Nº de productores evaluados	Nº de muestra por parcela
Calca	Pisac	S13°18'35" W72°07'15"	4	13
		S13°25'19" W71°51'04"		
Urubamba	Urubamba	S13°25'19" W71°51'04"	4	17
Total			8	30

Fuente: Elaboración propia (2017)



Figura 1: A: Maíz en el distrito de Sandia B: Etiquetado de bolsas para colecta de suelos de maíz C: Colecta de suelo del cultivo de maíz en bolsas de plástico D: Raíz de una planta de maíz

Identificación de nematodos. Se utilizaron los siguientes métodos: Método de fluctuación centrífuga para determinación de nematodos en muestras de suelo con solución sacarosa (Jenkins, 1964) y Técnica de la licuadora con centrifugación para muestras de raíces (Coolen y D'herde, 1972).

Para la identificación y caracterización morfológica se utilizaron cinco individuos (juveniles y adultos) de diferentes géneros los que fueron identificados a través de sus características morfológicas y morfométricas (Hunt y Handoo, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las muestras de suelo colectadas en siete distritos de la Región Puno y dos distritos de la Región Cusco, se identificaron indistintamente a seis géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz; los cuales son: *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Globodera*, *Xiphinema*, *Rotylenchus*, *Dorylaimus* spp., y también se encontraron nematodos de vida libre (Saprófitos). Los géneros identificados; sin embargo no se encuentran homogéneamente en todos los distritos muestreados; La región Puno muestra los seis géneros, mientras que en Cusco solamente cuatro.

El género *Helicotylenchus* visto al microscopio, se evidenció que los individuos observados como componentes del género *Helicotylenchus* presentan una característica principal, en estado inactivo (reposo) adquiere una posición en espiral o de letra "C", además presentan una estructura cefálica bien desarrollada y la región de la cabeza alta, cónica y redondeada, con un estilete robusto (Figura 2B) y la terminación de la cola es redondeada. (Figura 2C). La longitud del cuerpo es en promedio de 549.265 µm (Figura 2A). Estos resultados son coincidentes con lo que señala Mai y Mullin (1996), quienes se refieren a la característica fundamental de este género, de forma cónica redondeada de la cabeza y se complementa con Cepeda (1996), quien señala que la terminación de cola es redondeada. Respecto a la longitud del cuerpo y estilete, Schreck *et al.* (2010) indican que el tamaño del cuerpo del género *Helicotylenchus* varía de 510 - 890 µm y la longitud del estilete puede variar de 20 - 26 µm., comprobándose de esta forma que los datos morfométricos de nuestra descripción (Figura 2) están dentro del rango de longitudes que señala el autor y ratificando con ello que se trata del género *Helicotylenchus*.

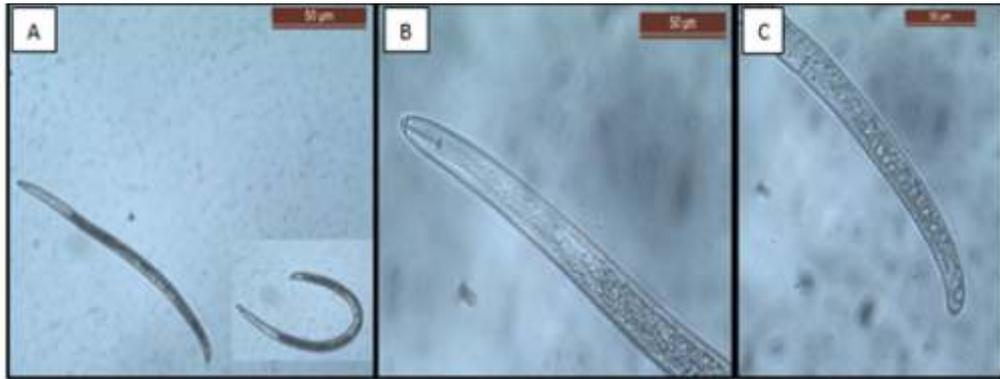


Figura 2: A: Cuerpo del género *Helicotylenchus* B: Estilete del género *Helicotylenchus* C: Parte posterior (cola) redondeada

Otro género identificado, procedente de las muestras de suelo es *Mesocriconema*, cuyos individuos presentan una cutícula gruesa, todo el cuerpo intensamente anillado, con una longitud promedio del cuerpo es de 402.292 µm (Figura 3A) y mostrando un estilete grande y fuerte, con nódulos basales dirigidos hacia la parte anterior, con una longitud de 74.248 µm (Figura 3B). Se puede observar que son robusto y ligeramente pequeños, su cuerpo es muy estriado como se aprecia en la ilustración (Figura 3A), la parte

anterior de cuerpo es redondeada y la posterior cónica. Estas dimensiones se encuentran dentro del rango que señala Perry y Moens (2013), quienes especifican que tanto machos como hembras tienen una longitud entre 200 a 1000 µm. De acuerdo a la longitud del estilete Tihohod (2000), menciona que puede variar de 59 a 65 µm; sin embargo, como característica particular, nosotros encontramos el estilete ligeramente más largo.

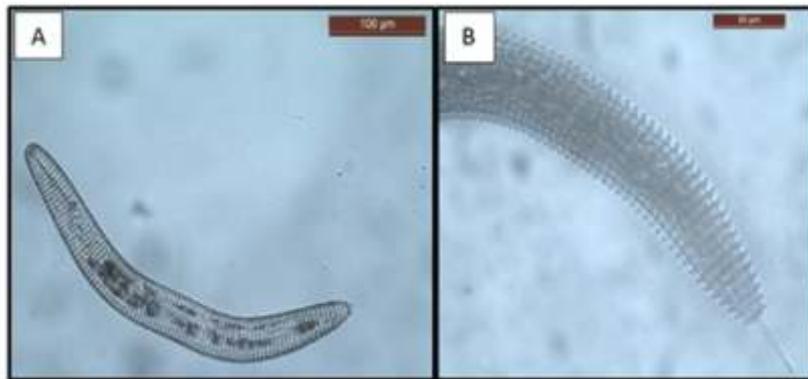


Figura 3: A: Cuerpo del género *Mesocriconema* B: Estilete del *Mesocriconema*

Los nematodos observados del género *Xiphinema*, presentan un cuerpo de forma vermiforme, el cuerpo y estilete son bastante largos (Figura 4). Presenta un estilete hueco y bifurcado en el punto de unión con el odontóforo, conocido como odontostilio, con tres extensiones basales y anillo guía. Las características señaladas coinciden con Ferris (1999), quien señala que el cuerpo es bastante largo y presentan un estilete hueco, con longitud de 150 µm o más, características que coinciden con los nematodos *Xiphinema* estudiados.



Figura 4: Género *Xiphinema*

El género *Globodera* es fácil de identificar por la forma de quiste que presentan las hembras, ya que tienen un cuerpo globoso, esférico, con un cuello corto que no termina en cono y con una cutícula gruesa. La longitud promedio del cuerpo del quiste es de 183.218 μm (Figura 5A). Siendo menor al rango que señala Franco (199) que indica que la longitud del cuerpo de *G. rostochiensis* oscila entre los 300 a 1000 μm , mientras que la longitud del cuerpo de *G. pallida* varía de 420 a 748 μm , además por otro lado también Perry y Moens (2013) mencionan que el rango de longitud del quiste puede variar de 450 a 990 μm en *G. rostochiensis* y 420 a 748 μm en *G. pallida*; en comparación con la longitud de la muestra evaluada, se observa que el quiste es más pequeño en referencia a lo mencionado por los autores, probablemente esto

se deban a factores que señalan Turner y Evans (1998), refiriéndose a una adaptación diferente a la temperatura, ya que las temperaturas para el desarrollo normal del quiste deben estar entre 15 a 18°C; contrastando con lo mencionado por los autores, las muestras identificadas corresponden a especies encontradas en el distrito de Chupa, cuyas características de temperatura media en el mes colectado fue de 11.7°C a altitudes por encima de 3823 msnm, además pueden existir otros factores como competencia intraespecífica entre individuos pertenecientes a este género. Al morir, las hembras oscurecen y endurecen su cutícula transformándose en un quiste de color pardo o marrón (Figura 4B), con forma redondeada carácter diferenciador de otros géneros (Smith *et al.*, 1997).

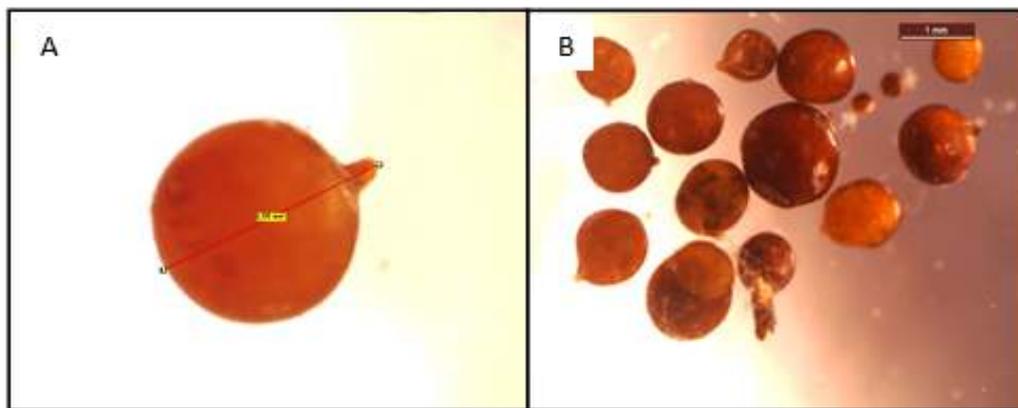


Figura 5: A: Medición de un quiste de la parte anterior hasta la parte posterior. B: Quistes de coloración marrón del género *Globodera*

Los nematodos del género *Rotylenchus* cuentan con un estilete pequeño de 13.693 μm , la abertura de la glándula dorsal esofágica está a una distancia menor que la cuarta parte de la longitud del estilete y cuenta con nódulos. Tiene la característica de adoptar posición en espiral cuando están inactivos, por lo que pueden confundirse con *Helicotylenchus*. La terminación de la cola es redonda (Figura 6) y la longitud del cuerpo es de 549.265 μm . Estas dimensiones se encuentran dentro del rango que señala Cepeda (1996), que indica que la longitud del cuerpo varía de 400 a 700 μm y que el tamaño puede ser modificado por el medio donde se desarrolle.



Figura 6: Cuerpo del género *Rotylenchus*

Los individuos del género *Dorylaimus* analizados en este trabajo, se encontraron en estado vermiforme, con el cuerpo bastante largo, la terminación de la cola ligeramente curvada y terminación roma; presenta odontoestilete, la apertura de este estilete se sitúa dorsalmente. El esófago consiste en una delgada porción anterior, algunas veces con pequeñas protuberancias musculares, seguida por una porción ensanchada, que puede reducirse a una simple válvula esofágica. Estas características son coincidentes con Sen *et al.*, (2011), quien señala que en los machos el extremo superior es ventralmente más curvado que en las hembras, con terminación roma, con una longitud del cuerpo entre 1145.5 a 2010.6 μm y la longitud del estilete oscila entre 174 a 210 μm ., sin embargo, normalmente la longitud del cuerpo mide de 2200 μm a más en todos sus estadios.

Por su parte y respecto al hábitat que ocupan, Jairajpuri y Ahmad (1992), mencionan que este género es más frecuente en suelos con bastante humedad y/o materia orgánica, características del lugar donde fue encontrado este género.

Los individuos, catalogados como Nematodos de vida libre que fueron extraídos de muestras de suelo de maíz, presentaron longitudes de cuerpo bastante grandes, con un cuerpo cilíndrico, cutícula gruesa y no presentan estilete sino un odontoestilete que es una cavidad bucal esclerosada, donde el estoma es cilíndrico. Estos rasgos son coincidentes con lo que señalan Ruppert y Barnes (1996), quienes describen a los nematodos de vida libre desprovistos de estilete y con una longitud de cuerpo de 1000 μm a más, asimismo Tihohod (2000), se refiere a la presencia de un odontoestilete, refiriéndose a una cavidad bucal esclerotizada con un estoma cilíndrico. Lo mencionado por los autores nos permite confirmar que los individuos analizados son Nematodos de Vida Libre y se adaptan a diferentes condiciones climáticas, es por ello que se encuentran presentes en todas las áreas evaluadas de las Regiones Puno y Cusco

CONCLUSIÓN

Los géneros de nematodos identificados en el presente estudio asociados al cultivo de maíz en la Región Puno son: *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp., *Globodera* spp., *Dorylaimus* spp. y Nematodos de Vida Libre. En la Región Cusco se identificaron los géneros *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp. y Nematodos de Vida Libre.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue financiado por Innovate Perú (Ministerio de la Producción) mediante el proyecto “Diversidad biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: Descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares correspondiente al convenio N° 346-PNICP-BRI-2105.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cepeda, S. M. (1996). *Nematología agrícola*. Ed. Trillas. México, 303p.
- Coolen, W. A., y D'Herde, C. J. (1972). *A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue*. Ghent State Agricultural Research Centre. Merelbeke, Belgium.
- Ferris, H. (1999). *Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX)*. University of California. Recuperado de: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>.
- Franco, J. (1994). *Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados de la región andina*. *Nematrotópica* 24, 179–195.

- Hunt, D., y Handoo, Z. (2009). *Taxonomy, identification and principal species*. In Perry, R.; Moens, M.; Starr, J. eds. *Root-knot nematodes*. London, UK. CAB International, 55–88p.
- Jenkins, W. (1964). *A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil*. *Plant disease reporter*, v. 48, 692p.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-Rius, J. E., Wesemael, W. M. L. and Perry, R.N. (2013). *Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology*. *Molecular Plant Pathology* 14(9): 946-961p.
- Karssen, G., Wesemael, W. y Moens, M. (2013). *Root-knot Nematodes*. In: Perry, R.N. and Moens, M. (eds) *Plant Nematology*, 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK, pp. 73-108.
- Hussey, R. S. y Janssen, G. J. W. (2002). *Root-knot nematodes: Meloidogyne Species*. En: *Plant resistance to parasitic nematodes*. Starr, J.L., Cook, R. & Bridge, J. (eds). CABI Bioscience, Egham, UK, 43-70.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) (2016). *Producción Nacional*. Informe Técnico N° 02, 540p.
- Jairajpuri, M. S. y Ahmad, W. (1992). *Dorylaimida. Free-living, Predaceous and Plant-parasitic Nematodes*. E.J. Brill, Leiden 458p.
- Koenning S. R., Overstreet C, Noling J. W., Donald P. A, Becker J. O., Fortnum B. A. (1999) *Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994*. *Journal Nematology* 31(4S):587–618.
- Mai, W. y Mullin, P. (1996). *Plant parasitic nematodes Apictorict key to genera*. Fifth edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press, 277p.
- McDonald, A. H. y Nicol, J. M. (2005). *Nematode parasites of cereals*. in: *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. (M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge eds.). CAB International, Wallingford, UK.) P. 131-191
- MINAG, Ministerio de Agricultura (2015). Sistema Integrado de Estadística Agraria. (Consultado el 23-10-2015). Disponible en URL: http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2015/bemsa_enero15-final.pdf.
- Perry, R., y Moens, M. (2013). *Plant Nematology 2nd edition*. Printed and bound by Gutenberg Press Ltd, Tarxien, Malta, 542p.
- Sánchez, G. (1992). *Plagas de los cultivos de caña de azúcar, maíz y arroz*. UNALM-Departamento de Entomología, Lima-Perú.
- Schreck, R. C., Vieira, D. S. M. C., Marais, M., Santos, M. S., Duyts, H., Freitas, H., Van DerPutten, W. M. y Abrantes, I. (2010). *First record of Helicotylenchus varicaudatus Yuen, 1964 (nematoda: Hoplolaimidae) parasitizing Ammophila arenaria (L.) Link in Portuguese coastal sand dunes*. *Phytopathology Mediterranean* 49, 212 – 226p.
- Sen, D., Chatterjee, A., y Manna, B. (2011). *A new and a Known species of Dorylaimoidea (Nematoda: Dorylaimida) from West Bengal, India with a key to the species of the subgenus Axonchium Cobb, 1920*. *Nematologia Mediterranea*, 39, 111-119p.

- Ruppert, E. E., y Barnes, R. D. (1996). *Zoología de los Invertebrados*. Ed. McGraw-Hill Interamericana. 6ta Edición. México, D.F., 208–304p.
- Smith, G. T., Brenowitz, E. A., y Wingfield, J. C. (1997). *Roles of photoperiod and testosterone in seasonal plasticity of the avian song control system*. *Journal Neurobiol* 32, 426–442p.
- Tihohod, D. (2000). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472p.
- Turner, S. J., Evans, K. (1998). The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* (Stone)). Pp. 7–26 in R. Marks, B. Brodie, eds. *Potato Cyst Nematodes. Biology, Distribution and Control*. Cambridge, UK: University Press.
- Tylka, G. L. (2007). *Integrated crop management*. Iowa State University. University Extension. IC-498p.