

Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de quinua en la región de Puno-Perú

Plant parasitic nematodes associated with the cultivation quinoa in the región Puno-Perú

Israel Lima-Medina* , Rosario Ysabel Bravo-Portocarrero  & Zheyila Danitza Mamani-Cano

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

* Autor para Correspondencia e-mail: islimes@hotmail.com

Israel Lima-Medina.  <https://orcid.org/0000-0002-4740-0402>

Rosario Ysabel Bravo-Portocarrero  <https://orcid.org/0000-0001-5186-7569>

ARTÍCULO ORIGINAL

INFORMACIÓN DE ARTÍCULO

Artículo recibido: 02/06/2019

Artículo aceptado: 20/09/2019

En línea: 25/10/2019

PALABRAS CLAVE:

Chenopodium quinoa,
caracterización morfológica,
fitonematodos,
manejo

ORIGINAL ARTICLE

ARTICLE INFORMATION

Article received: 08/06/2019

Article accepted: 20/09/2019

On line: 25/10/2019

KEYWORDS:

Chenopodium quinoa,
morphological characterization,
nematodes plant parasitic,
management

RESUMEN

Fitoparásitos como los nematodos atacan sin dar señales de sintomatología, en tanto pueden llegar a impedir el paso de nutrientes y el normal crecimiento de la planta. En la región de Puno el género *Globodera* spp. es el que ocasiona más pérdidas, en cambio no existen reportes para *Meloidogyne* spp. siendo así el objetivo de la presente investigación identificar los diferentes géneros de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de quinua en las principales zonas de producción de la región de Puno. Se realizó una recolección de muestras de suelo en las provincias de Puno, Huancané, San Román, Chucuito, Collao, Yunguyo y Azángaro. La extracción de nematodos de muestras de suelo fue realizada por el método de fluctuación centrífuga con sacarosa y montadas en laminas permanentes para estudios morfológicos. Los géneros de nematodos fitoparásitos identificados fueron *Meloidogyne* spp., *Nacobbus* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Dorylaimus* spp., *Hemiciclyophora* spp., *Globodera* spp. y nematodos de vida libre. Cabe destacar que el género de mayor presencia en quinua en todas las muestras fue *Globodera* spp.

ABSTRACT

Phytoparasites such as nematodes attack without showing signs of symptoms, while they can prevent the passage of nutrients and the normal growth of the plant. In the region of Puno, the genus *Globodera* spp. is the most important pest, however there are no reports for *Meloidogyne* spp. Thus, the objective of this research is to identify the different genera of phytoparasite nematodes in the cultivation of quinoa in the main production areas of the Puno region. Soil samples were collected in the provinces of Puno, Huancané, San Román, Chucuito, Collao, Yunguyo and Azángaro. Nematode extraction from soil samples was carried out by the centrifugal fluctuation method with sucrose and mounted on permanent sheets for morphological studies. The genera of phytoparasite nematodes identified were *Meloidogyne* spp., *Nacobbus* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Dorylaimus* spp., *Hemiciclyophora* spp., *Globodera* spp. and free-living nematodes. It should be noted that the genus with the highest presence in quinoa in all samples was *Globodera* spp.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano nativo de los andes, cultivándose en zonas áridas y semiáridas. Este cultivo presenta una gran adaptabilidad, en diferentes latitudes como en altitudes (Verena y Charrondiére, 2016). En el Perú la quinua es un cultivo que se produce desde Tacna a Piura, variando desde el nivel del mar hasta los 4 000 metros de altura (Chacchi, 2009). Es considerado pseudocereal de la región de los Andes del continente americano, pues no pertenece a la familia de las gramíneas debido a que carecen de gluten, a la vez posee un alto contenido de proteínas 15,5% en promedio y con un contenido excepcional de aminoácidos (Navruz-Varli y Sanlier, 2016; Vilcacundo y Hernández-Ledesma, 2016).

Estos granos andinos presentan una gran diversidad genética, reflejada en alrededor de 2 000 accesiones registradas en los bancos de germoplasma del Perú. Además de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), el Perú es actualmente el principal productor y exportador mundial de quinua, con una producción de 78 657 t en 2017, Siendo la región de Puno el de mayor producción con el 8%, que corresponde a 6293 t (MINAGRI, 2019).

Este cultivo es parte de la cédula de la región, junto con papa, oca, mashua, haba o en rotaciones con haba, cebada y oca (Bedoya-Perales, 2018; Suquilanda, 2016). Dentro de los problemas fitosanitarios, las plagas y enfermedades de mayor importancia que afectan al cultivo de quinua, tanto en el tallo, panoja y granos son: Kcona kcona (*Eurysacca quinoa* Povolny), Gusano cortador (*Copitarsia turbata* Herrich & Schäffe), Pulguilla saltadora (*Epitrix subcrinita* Lec), Pulgón verde (*Macrosiphum euphorbiae* Thomas), Mildiú (*Peronospora farinosa* Fries) (León et al., 2018). También se encuentran los nematodos fitoparásitos como el falso nemátodo del nódulo de la raíz (*Nacobbus* sp.), el nemátodo del quiste (*Globodera* sp.) y *Thecarvermiculatus andinus* (Mamani-Cano, 2017; Franco, 2003).

Entre los nemátodos que atacan a las *Chenopodiaceas* INIA (2014) reporta a *Nacobbus aberrans*, el cual produce nódulos en las raíces causando daños significativos a la producción del orden del 10-14% de pérdida del rendimiento de grano, en ataques severos se observa decaimiento de la planta. En 'publicación realizada por Mamani-Cano (2017) se identificaron nematodos asociados al cultivo de la quinua como *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Nacobbus*, *Globodera* y nematodos de vida libre, dada la diversidad de información, el objetivo de la presente investigación fue de identificar los nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de quinua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Setenta y cinco muestras de suelo y raíces fueron recolectadas en sesenta áreas del cultivo de quinua de siete provincias (Azangaro, Huancane, San Roman, Puno, El Collao, Chucuito, y Yunguyo) de la región de Puno (Figura 1), para el análisis de nematodos fitoparásitos. Las muestras de suelo y raíces fueron muestreados al pie de cada planta, a una profundidad de 25 cm. El muestreo se realizó en zigzag, obteniéndose un número promedio de 10 sub-muestras para cada muestra compuesta. El peso de cada muestra fue de 1kg de suelo, los cuales fueron debidamente identificados en cuanto al origen y procedencia.

Muestras de suelo y de raíces fueron procesadas de acuerdo a los métodos de Jenkins (1964) y Coolen y D'Herde (1972), respectivamente. Una vez procesados fueron llevados a microscopio óptico para la identificación de los nematodos.

Los nematodos fitoparásitos presentes en el suelo y en las raíces fueron identificados a nivel de género (Mai y Mullin, 1996; Lima-Medina, 2018). Seguidamente fueron preparadas laminas semipermanentes con 20 individuos de los nematodos fitoparásitos de la suspensión obtenida de cada muestra (Tihohod, 2000; Lima-Medina, 2018). Las láminas fueron observadas en microscopio óptico para la obtención de las medidas y fotografías de los individuos, siendo las mediciones realizadas en imágenes digitalizadas.

Rev. Investig. Altoandin. 2019; Vol 21 Nro 4 257 - 263

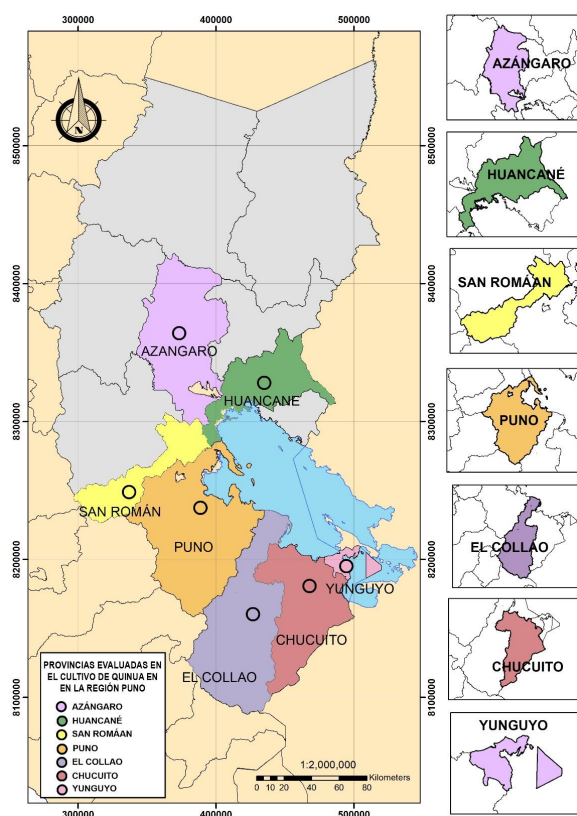


Figura 1. Provincias evaluadas en el cultivo de quinua en la región Puno.

RESULTADOS

En siete provincias de la región Puno (Puno, Azángaro, Huancané, San Román, Chucuito, El Collao y Yunguyo) se identificaron diez géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de quinua, siendo los siguientes: *Meloidogyne* spp., *Nacobbus* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Dorylaimus* spp., *Globodera* spp., *Hemicyclophora* spp. y nematodos de vida libre (Saprófitos y predadores).

Los especímenes del género *Meloidogyne* fueron extraídos de muestras de suelo, presentando en estado juvenil el tamaño de 364.480µm, y una longitud

de estilete de 13.05 a 15.20 µm; así mismo fue observado en la parte posterior del nematodo una forma conoidal con terminación en una punta estrecha y redondeada (Figura 2A).

El género *Nacobbus* en las muestras de suelo obtenidas de quinua, presenta hembras de forma fusiforme, con posición posterior cónica, con longitud del cuello de 30.884 µm y una longitud de cuerpo de 406.920 µm. así mismo se observó al estado juvenil de forma vermiforme con una longitud del cuerpo de 403.590 µm (Figura 2B).

Otro género identificado fue *Pratylenchus*, donde individuos extraídos de muestras de suelo de quinua presentaron tipo de cabeza en forma de roma donde la región labial fue poco prominente y un estilete fuerte y necrosado en sus bulbos basales de forma redondeada, presentando un estilete de 18.73 µm con el cuerpo de forma vermiforme cilindroide y con una longitud de cuerpo de 682.56 µm (Figura 2C).

Los nematodos observados del género *Helicotylenchus* en quinua presentaron como características una estructura cefálica bien desarrollada y la región de la cabeza alta, cónica y redondeada (Figura 2D). En las muestras también fueron encontrados nematodos anillados, observándose que estos presentan una cutícula gruesa con anillamientos bien pronunciados y simétricamente semejantes, siendo su longitud del cuerpo de 495.07µm y con una longitud del estilete de 74.25µm llegando a la conclusión que dichas características pertenecen al género *Mesocriconema* sp. (Figura 2E).

También fueron identificadas individuos del género *Xiphinema* quienes mostraron una longitud de 4 a 5 mm y un estilete de forma odontoestilete bastante largo de 150 µm.

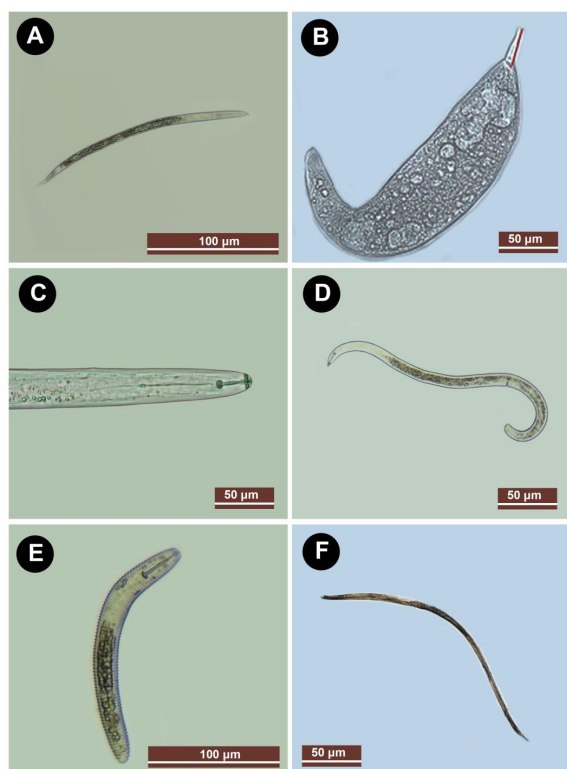


Figura 2. A: Género *Meloidogyne* spp. B: Género *Nacobbus* spp. C: Género *Pratylenchus* spp. D: Género *Helicotylenchus* spp. E: Género *Mesocriconema* spp. F: Género *Dorylaimus* spp.

Fueron identificados también individuos del género *Dorylaimus*, (Figura 2F) presentando un estilete odontostilio. Así mismo fueron encontrados en las muestras de suelo de quinua, quistes de forma globosa, esferoidal, con cuello corto, y presencia de cutícula gruesa, siendo su longitud del cuerpo de 186.22 µm, perteneciendo así a características del género *Globodera*.

Fueron observados también en muestras de quinua, individuos con características morfológicas con un largo estilete, y una presencia de doble cutícula, perteneciendo así al género *Hemiciclyophora*. Así mismo se observó la presencia de nematodos de vida libre, con cuerpo cilíndrico, cutícula gruesa y estos no presentan estilete si no una cavidad que le ayuda en el proceso de alimentación.

DISCUSIÓN

Para el género *Meloidogyne* identificado en muestras de quinua comparando con lo mencionado por Perry y Moens (2013), indican que el género *Meloidogyne* en su estado infectivo (segundo estado juvenil), tiene forma vermiforme cuya longitud del cuerpo puede variar entre 250 a 600 µm, y su longitud del estilete entre 6 a 16 µm, correspondiendo así estas características morfométricas encontradas en el presente estudio. Autores como Karssen y Moens (2006), mencionan que el género *Meloidogyne* en estado Juvenil (J2) presenta una cola conoidal y redondeada y en la terminación final una punta estrecha, lo cual se confirma cuando comparadas con las características obtenidas en el presente estudio.

Para el caso del género *Nacobbus* Doucet y Di Rienzo (1991) indican que la longitud en estado adulto puede presentar variaciones entre 1152 a 1237 µm. Así mismo los mismos autores mencionan que en estado inmaduro la longitud del cuerpo de este género puede variar de 500 a 1012 µm, con lo cual se confirma con las características morfométricas observadas para este género.

Los especímenes obtenidos de quinua en relación a las características morfológicas de *Pratylenchus*, se contrastan con lo mencionado por Mai y Mullin (1996) y Agrios (2011), confirmándose así que dichas características pertenecen al género. En relación con las características morfométricas cuando comparado con Gonzaga (2006) las longitudes del cuerpo en todos sus estados varían de 580 a 780 µm y la longitud del estilete de 14 a 17 µm pudiendo este último variar de acuerdo a la especie del género (Castillo y Vovlas, 2007) (Figura 2C), cabe resaltar que una de las características principales para determinar la especie es la posición de la vulva, lo cual no se consiguió observar debido a que se encontraban en estado juvenil.

En relación al género *Helicotylenchus* Yan et al. (2017) verificaron que estas presentan una longitud del

cuerpo de 549.27, con una cola curvada dorsalmente, estas informaciones coinciden con las características morfológicas mencionadas por Mai y Mullin (1996), Ferris (1999) y Flores-Choque et al. (2017) como también sobre la región de la cabeza, terminación de la cola y el estilete. En el análisis de las características morfométricas se contrasta con lo mencionado por Schreck et al. (2010) y Kirsch et al. (2017) quienes indican que la longitud del cuerpo del género *Helicotylenchus* de 510 – 890 μm en hembras y 530 – 700 μm en machos; longitud del estilete de 22 a 26 μm en hembras y 20 a 23 μm en machos, siendo estas características confirmadas con los datos de la presente investigación.

En el caso del género *Mesocriconema* que fue identificado en muestras de quinua, se contrasta con Perry y Moens (2013) quien señala que tanto hembras como machos varían entre 200 a 1000 μm en individuos del género de *Mesocriconema*, en relación al estilete Tihohod (2000) indica que la longitud puede variar de 59 a 65 μm , con todo lo mencionado estos se encuentran en los rangos morfométricos encontrados en el presente estudio para este género en el cultivo de quinua.

Cuando se identificó el género *Xiphinema* en muestras de quinua, las características morfológicas coinciden con lo mencionado por Ferris (1999), quien menciona que el tamaño del estilete es de 150 μm y de forma odontostilio, lo que significaría que son características propias del género. Así mismo características mencionadas por Mulvey y Anderson (1979), indican que este género es propio de suelos con alta presencia de materia orgánica y suelos con bastante humedad.

Una vez identificado el género *Globodera* en muestras de quinua según Kaushal (2013), menciona que la longitud del cuerpo del género *Globodera* de 496 - 673 μm , en la especie de *Globodera pallida* y 487 - 658 μm en *G. rostochiensis*, coincidiendo de la misma manera con Perry y Moens (2013). Además, debe mencionarse que en las muestras analizadas se observa quistes de menor tamaño, probablemente debido a competencias intraespecíficas entre los mismos individuos, o debido

Rev. Investig. Altoandín. 2019; Vol 21 Nro 4 257 - 263

a las altas incidencias y densidades poblacionales, en relación con otros géneros de nematodos fitoparásitos. Cabe resaltar que en el presente estudio a través de PCR se logró identificar la especie de *G. pallida*, resaltando que en todas las muestras analizadas en la región altiplánica es dominante en relación con la otra especie.

En el caso del género *Hemicycliophora*, este es considerado un género sin presencia de machos y en caso de las hembras existe una restricción detrás de la vulva, el cual no siempre es considerada como una característica para diagnóstico. La característica más sobresaliente es la longitud del estilete y la presencia de espermateca llena, siendo la forma de la cola quien brinda una información final, debido a que presenta dos cutículas, siendo una sobrepuesta sobre la otra (Bongers y Esquivel, 2011).

En relación a los nematodos identificados como nematodos de vida libre debe mencionarse que contrastan con lo mencionado por Ruppert y Barnes (1996), donde señalan que los nematodos no presentan estilete y miden aproximadamente 1 mm, así mismo los autores mencionan que estos nematodos presentan capacidades de adaptarse a diversas condiciones climáticas. Debe mencionarse que estos nematodos fueron observados en todas las muestras de suelo provenientes del cultivo de quinua.

CONCLUSIONES

Se han identificado diez géneros de nematodos los cuales son: *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, *Dorylaimus*, *Hemicycliophora*, *Globodera* y nematodos de vida libre, asociados al cultivo de quinua.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a INNOVATE – PERÚ (Ministerio de la Producción) por el apoyo financiero mediante el proyecto 346: “Diversidad biológica de poblaciones peruanas de *Meloidogyne* spp.: descripción y caracterización de especies a través del uso de isoenzimas y marcadores moleculares”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. (2011). *Fitopatología*. México: Editorial Limusa S.A. de CV Grupo Noriega Editores, 745 – 749.
- Bedoya-Perales, N.S., Pumi, G., Mujica, A., Talamini, E., Padula, A.D. (2018). Quinoa expansion in Peru and its implications for land use management. *Sustainability*, 10:2, 532. <https://doi:10.3390/su10020532>.
- Bongers, T., & Esquivel, A. (2011). *Morfología de los nematodos curso de identificación*, Universidad Nacional de Costa Rica, 1-42.
- Castillo, P., & Vovlas, N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management, edit. 529p.
- Chacchi-Tello, Katty (2009). “Demanda de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) a nivel industrial”. (Disertación de maestría), Especialidad de Agronegocios, Escuela de Pos Grado – Universidad Nacional Agraria la Molina Lima Perú.
- Coolen, W.A., & D’Herde, C.J. (1972). *A Method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue ghent*. State Nematology and Entomology Research Station, 77p. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19722001202>.
- Doucet, M.E., & Di Rienzo, J.A. (1991). El género *Nacobbus* Thorne & Alien, 1944 en Argentina. 3. Caracterización morfológica y morfométrica de poblaciones de *N. aberrans* (thorne, 1935) thorne & Alien, 1944. *Nematropica*, 21: 19-35. (Acceso junio 25 de 2019). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/29191/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ferris, H. (1999). *Nematode Plant Expert Information System (NEMAPLEX)*. University of California. Recuperado de: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/index.htm>
- Flores-Choque, Y., Bravo, P.R.Y., Lima, M.I., Machaca, C.C. (2017). Prospección de nematodos fitoparásitos em cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de la region Puno, *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(1): 11-20. <http://doi:10.18271/ria.2017.251>.
- Franco, J. (2003). *Parasitic nematodes of quinoa in the andean region of bolivia*, PROINPA, Cochabamba, Bolivia, 9p. <http://doi:10.1081/FRI-120018869>.
- Gonzaga, V. (2006). Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus* Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil. Universidade Estadual Paulista Câmpus De Jaboticabal Faculdade De Ciências Agrárias E Veterinárias – Brasil.
- INIA, (2014). *Kiwicha Alimento Nuestro Para el mundo. Programa Nacional en cultivos Andinos*. Cusco, Perú. 42p. (Acceso mayo 20 de 2019). <http://quinua.pe/kiwicha-alimento-nuestro-para-el-mundo/>.
- Jenkins, W. (1964). A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease repórter*, 48, 692. (Acceso junio 25 de 2019). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19650801105>.
- Kaushal, K.K. (2013). *Plant nematology - Cyst and root knot nematodes*. Biotech Books. New Delhi, 331.
- Karssen, G., & Moens, M. (2006). *Root-Knot nematodes*. In: Perry, R. N. & Moens, M. (eds) *Plant Nematology*, Wallingford: CABI Publishing, 59-90. (Acceso junio 22 de 2019). https://www.researchgate.net/publication/266139913_Book_review_Perry_RN_Moens_M_eds_2013_Plant_Nematology_Second_edition_Wallingford_Oxfordshire_UK_and_Boston_USA_CABI_Publishing_536_pp_ISBN_978-1-78064-151-5_hardback_ISBN_978-1-78064-153-9_paperback.
- Kirsch, V.G., Kulczynski, S.M., Gomes, C.B., Bisognin, A.C., Gabriel, M., Belle, C., Lima-Medina, I. (2016). Caracterização de espécies de *Meloidogyne* e de *Helicotylenchus* associadas à soja no Rio Grande do Sul, *Nematropica*, 46: 197-208. https://www.researchgate.net/publication/314159690_Caracterizacão_de_especies_de_Meloidogyne_e_de_Helicotylenchus_associadas_a_soja_no_Rio_Grande_do_Sul
- Leon, T.B., Ortiz, C.N., Condori, T.N., Chura, Y.E. (2018). Cepas de *Trichoderma* com capacidade endofítica sobre el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gaum.) y mejora del rendimiento de quinua. *Revista de Investigaciones Altoandinas, Rev. Investig. Altoandin. 2019; Vol 21 Nro 4 257 - 263*

- 20(1): 19-30. <http://doi.org/10.18271/ria.2018.327>.
- Lima-Medina, I. (2018). *Nematodos Parasitos de Plantas*. Editora J & S, 1ra. Edición, 576p.
- Mai, W., & Mullin, P. (1996). Plant parasitic nematodes A pictorial key to genera. Fifth edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press, 277p.
- Mulvey, R.H., & Anderson, R.V. (1979). Benthic species of *Dorylaimus Dujardin* 1845 (Nematoda: Dorylaimidae) and *Arctidorylaimus* n.gen. (Arctidorylaimidae n.fam.) from the Mackenzie and Porcupine river systems, Northwest territories, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 57(4): 743-755. <http://doi.org/10.1139/z79-092>.
- Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69: 371-376. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>.
- Mamani-Cano, Zheyila Danitza (2017). *Caracterización del nematodo Meloidogyne spp. y otros en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen.) en la región de Puno*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Altiplano.
- MINAGRI, Ministerio de Agricultura (2019). *La quinua producción y comercio Perú. Dirección general de políticas agrarias*. (Acceso junio 10 de 2019). <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2019>.
- Perry, R.N., & Moens, M. (2013). *Plant Nematology*. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn.
- Ruppert, E.E., & Barnes, R.D. (1996). *Zoología de los invertebrados*. 6ta edición, McGraw-Hill Interamericana, Mexico, 1114.
- 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 Mediterranea*, 49: 212-226. http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-3257.
- Suquilanda, M. (2016). *Producción orgánica de Cultivos Andinos (Manual técnico)*. (Acceso mayo 05 de 2019). http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf 99p.
- Tihohod, D. (2000). *Nematología Agrícola Aplicada. Jaboticabal-Brasil*. FAPESP, 472.
- Verena, N.J.D., & Charrondière, R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*. 193: 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>.
- Vilcacundo, R., & Hernandez-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>.
- Yan, G., Plaisance, A., Huang, D., Handoo, Z.A. (2017). First report of the spiral nematode *Helicotylenchus microlobus* infecting soybean in North Dakota, *Journal of Nematology*, 49(1): 1-1. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-039>.