



Identificación de especies del género *Meloidogyne* en cucurbitáceas: Distribución y ocurrencia en Arequipa, Perú

Identification of species of the genus *Meloidogyne* in cucurbits: Distribution and occurrence in Arequipa, Peru

Elizabeth Miranda-Barrios¹ ; Rene Quispe-Castro¹ ; Israel Lima-Medina^{2,*} ; Rosario Y. Bravo-Portocarrero² ; A. Anculle-Arenas¹ 

¹ Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Urb. Aurora S/N. Arequipa, Peru.

² Universidad Nacional del Altiplano. Av. Floral 1153. Puno, Peru.

Received August 12, 2019. Accepted April 11, 2020.

Resumen

Las cucurbitáceas contribuyen en la dieta de la población, así como en la economía de los agricultores; pero son afectadas por nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* spp. El conocimiento del “nematodo del nudo de la raíz” es escaso y limitante para el planteamiento de estrategias adecuadas de manejo. El objetivo de la investigación fue identificar especies del género *Meloidogyne* en cucurbitáceas y determinar su distribución y ocurrencia en Arequipa, Perú. Se colectaron raíces de *Cucurbita maxima*, *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo* y *Cucurbita pepo*, identificándolas mediante electroforesis para la enzima esterasa. Se determinó que *Meloidogyne* spp. está presente en 87,1% de las zonas evaluadas y se identificaron a *M. incognita* I1 (Rm: 1,00), *M. incognita* I2 (Rm: 1,02 – 1,07), *M. incognita* S2 (Rm: 0,87), *M. arenaria* A1 (Rm: 1,19), *M. arenaria* A2 (Rm: 1,19 – 1,25), *M. hapla* H2 (Rm: 0,95) y una especie atípica de *Meloidogyne* (Rm: 0,87) con ocurrencias de 17,14%, 42,86%, 2,86%, 17,14%, 2,86%, 11,43% y 5,71% respectivamente, de las especies identificadas.

Palabras clave: Nematodo del nudo de la raíz; electroforesis; enzima esterasa; cucurbitáceas; prospección.

Abstract

Cucurbitaceae contribute to the diet of the population, as well as to the economy of farmers; but are harmed by phyto-parasites like to *Meloidogyne* spp. The know about the root-knot nematode is empty to put suitable strategies to management. The objectives of this research were identified species of *Meloidogyne* genera in cucurbitaceae and determine their distribution and occurrence in Arequipa, Peru. Roots of *Cucurbita maxima*, *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo* and *Cucurbita pepo* were collected, identifying them by electrophoresis for the enzyme esterase. *Meloidogyne* spp. is present in 87.1% from places that were evaluated and *M. incognita* I1 (Rm: 1.00), *M. incognita* I2 (Rm: 1.02 - 1.07), *M. incognita* S2 (Rm: 0.87), *M. arenaria* A1 (Rm: 1.19), *M. arenaria* A2 (Rm: 1.19 - 1.25), *M. hapla* H2 (Rm: 0.95) and one specie atypical of *Meloidogyne* (Rm: 0.87) were identified with occurrences of 17.14%, 42.86%, 2.86%, 17.14%, 2.86%, 11.43% y 5.71% respectively.

Keywords: Root-knot nematode; electrophoresis; enzyme esterase; cucurbits; prospecting.

1. Introducción

Las cucurbitáceas, como el zapallo (*Cucurbita*), el melón (*Cucumis melo*), el pepino (*Cucumis sativus*), la sandía (*Citrullus lanatus*) y la calabaza, son hortalizas de importante valor nutritivo y económico. Pese a su potencial, las cucurbitáceas son susceptibles al ataque de plagas, entre ellas

Meloidogyne. Este fitoparásito polífago es capaz de reducir el crecimiento y producción de los cultivos y en razón a su amplia distribución mundial y capacidad de interacción con otros fitoparásitos es uno de los mayores causantes de pérdidas en la agricultura (Sikora *et al.*, 2018; Keinath *et al.*, 2019).

Cite this article:

Miranda-Barrios, E.; Quispe-Castro, R.; Lima-Medina, I.; Bravo-Portocarrero, R.Y.; Anculle-Arenas, A. 2020. Identificación de especies del género *Meloidogyne* en cucurbitáceas: Distribución y ocurrencia en Arequipa, Perú. Scientia Agropecuaria 11(2): 195-202.

* Corresponding author

E-mail: islimes@hotmail.com (I. Lima-Medina).

© 2020 All rights reserved

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2020.02.06](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.06)

Además, el proceso de infección del sistema radicular contribuye a la entrada de otros fitopatógenos que predisponen a la planta a estrés ambiental perjudicando su desarrollo (Marino et al., 2012; Andrade et al., 2016), y causante de importantes pérdidas económicas en cultivos de climas tropicales y subtropicales (López-Gómez et al., 2015; Sikora et al., 2018), así como en cultivos conducidos en sistemas de invernadero o bajo protección de temperaturas inclementes (Nyczepir, 2013). Se reconoce que la presencia de *Meloidogyne* es el mayor factor limitante para la producción de cucurbitáceas en el mundo (Pinheiro et al., 2019; Ito et al., 2014).

De esta forma el objetivo del presente estudio fue identificar especies del género *Meloidogyne* en cucurbitáceas y determinar su distribución y ocurrencia en cuatro provincias de Arequipa, Perú.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó en cuatro (4) provincias en la región Arequipa, Perú: Arequipa, Caylloma, Camaná e Islay, haciendo un total de 31 puntos de muestreo. La muestra estuvo constituida por raíces con sintomatología característica (Figura 1). El tejido colectado que estuvo envuelto en suelo se colocó en bolsas de polietileno debidamente rotuladas y se conservó en cooler hasta llegar al laboratorio. De cada campo muestreado se colectaron de manera estratificada entre 5 a 10 muestras de raíces de diferentes plantas de cada cultivo, uniformizándose posteriormente. Cuando no se encontró agallas en el tejido, se realizó bioensayos con tomate variedades Rio Grande y Santa Cruz, en base a experiencia o especificación de Taylor y Sasser (1983).

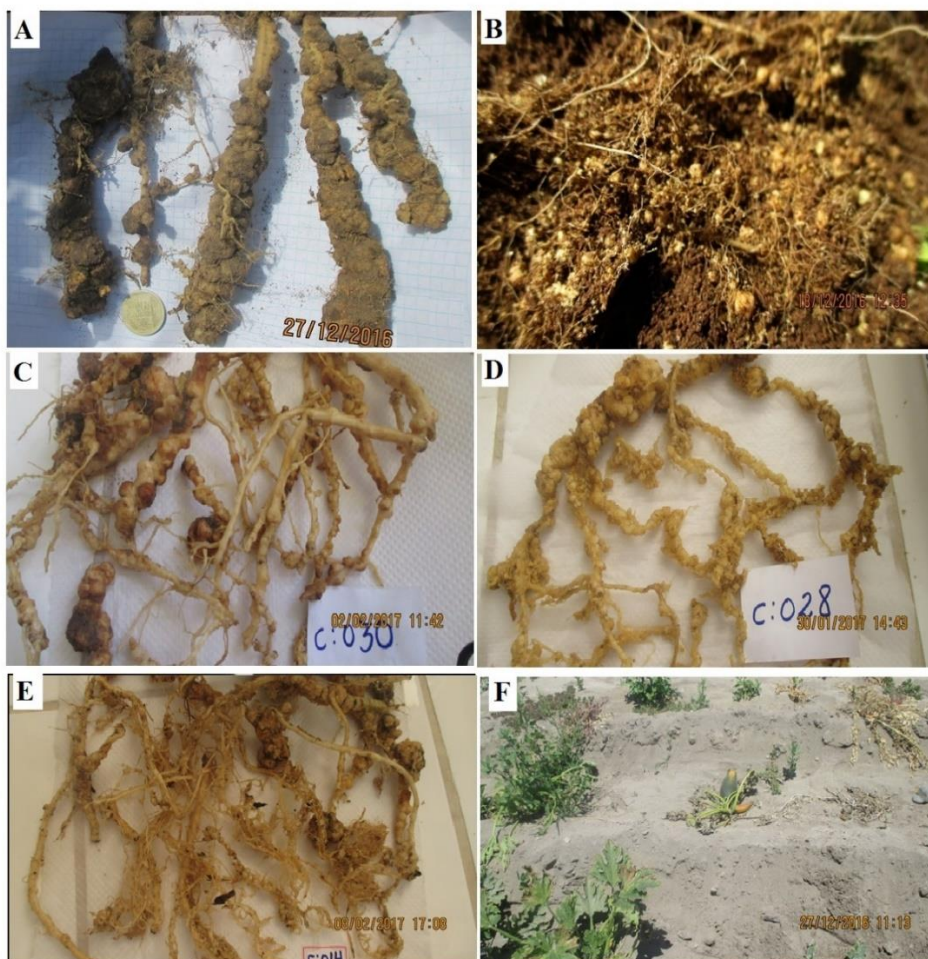


Figura 1. Agallas y sintomatología característica ocasionada por *Meloidogyne* spp. A: Raíz de zapallo (La Joya); B: Raíz de zapallo (Mejía). C: Raíz de sandía (Irrigación San Camilo, La Joya); D: Raíz de sandía (Irrigación San Camilo); E: Raíz de zapallo (Irrigación San Isidro La Joya); F: planta de calabaza infestada por *Meloidogyne* spp. (Irrigación San Isidro La Joya).

La identificación bioquímica se llevó a cabo en el mega laboratorio de Nematología de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional del Altiplano – UNA. Para su ejecución se tomaron hembras adultas de coloración blanca lechosa y fueron colocadas en tubos capilares con una solución tampón (sacarosa/tritón X-100) y se mantuvieron en refrigeración. Después de extraer las hembras, se preparó el gel de poliacrilamida al 6%, siguiendo la metodología de Carneiro y Almeida (2001) y se colocó de manera individual la muestra constituida por hembras maceradas en cada pozo de identificación. Para la interpretación de las bandas obtenidas en el gel se efectuó el cálculo de la movilidad relativa de cada banda polimórfica comparando con la primera banda de *M. javanica* Est J3 ubicadas en el primer, decimo primero y vigésimo primer pozo.

3. Resultados y discusión

Se ha observado que *Meloidogyne* tiene una amplia distribución geográfica que va desde los 30 msnm hasta los 1409 msnm, en las provincias de Arequipa, Caylloma, Islay y Camaná. Su amplio espectro de ocupación denota su capacidad de supervivencia incluso en zonas cercanas al nivel del mar, como es en la punta de Bombón, Mejía y Camaná, o en textura de suelos franco-arcillosos como los de Bombón y “hacienda nueva” en el valle de Tambo. En el proceso de identificación se obtuvo tres fenotipos para *M. incognita*, dos para *M. arenaria*, una para *M. hapla* y una población atípica (Figura 2 y 3).

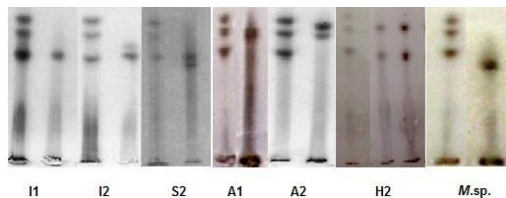


Figura 2. Perfil esterasa de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. identificadas en las zonas evaluadas. Leyenda. I1 y I2: *M. incognita*, S2: *Meloidogyne* sp., A1 y A2: *M. arenaria*, H2: *M. hapla*, y M. sp.: *Meloidogyne* sp.

Se encontró tres fenotipos esterasa de *M. incognita*, correspondientes a *M. incognita* Est I1 (Rm: 1,00), *M. incognita* Est I2 (Rm: 1,02 - 1,07), y *M. incognita* Est S2 (Rm: 0,88 - 1,00); dos fenotipos esterasa de *M. arenaria*, visualizándose *M. arenaria* Est A1 (Rm: 1,19) y *M. arenaria* Est A2 (Rm: 1,184 - 1,25), una de *M. hapla* Est H2 (Rm: 1,00 - 1,15) y una población atípica de *Meloidogyne* (Rm: 0,87). El movimiento relativo (Rm) de las bandas esterastas dan a entender que tienen carga, peso molecular y estructura

tridimensional diferentes entre sí, es la base para que las biomoléculas se separen en la electroforesis (Silva et al., 2016), por otro lado, la técnica ha permitido observar, identificar y diferenciar entre poblaciones puras y poblaciones mixtas, en concordancia a lo mencionado por Block y Powers (2009) y Lima-Medina et al. (2017).

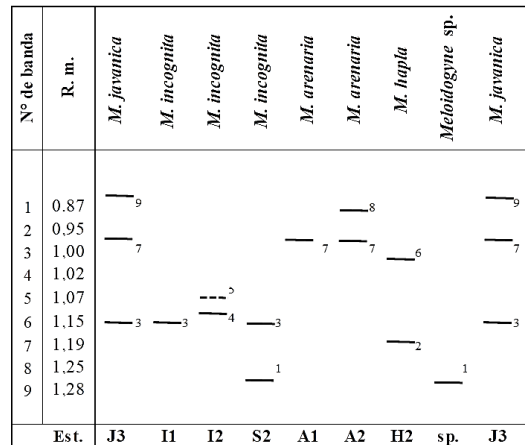


Figura 3. Fenotipos esterasa (Est) de las 35 poblaciones de *Meloidogyne* spp. identificadas en las 31 áreas evaluadas y productoras de cucurbitáceas en las provincias de Arequipa, Caylloma, Islay y Camaná.

De las cuatro esterastas de *Meloidogyne incognita* mencionadas por Santos et al. (2012) y Dos Santos (2016), se ha encontrado actividad para tres, que son *M. incognita* Est I1, *M. incognita* Est I2 y *M. incognita* Est S2. El Rm de 1.00 hallado para *Meloidogyne* Est I1 coincide con el Rm mencionado por Lima-Medina et al. (2013) y Jaramillo-Pineda (2015), quienes además mencionan que la banda polimórfica del fenotipo Est I1 se encuentra a la misma altura de la primera banda del patrón *M. javanica* Est J3. Con relación a *M. incognita* Est I2 coincide con Aydinli y Mennan (2016), muestra que las dos bandas de estos individuos se encuentran entre la primera y segunda en relación al patrón, especialmente la primera que está ligeramente más arriba comparada con la primera banda del patrón; además coincide lo mencionado por Dos Santos (2016) y Machaca (2017) en la separación entre las dos bandas de 0.05. También el Rm de la segunda banda polimórfica de *M. incognita* Est S2 coincide con Santos et al. (2012), quien menciona que esta banda se ubica a la misma altura que la del patrón, pero existe diferencia en lo referente a la primer banda entre lo mencionado por Dos Santos (2016) y lo hallado en este trabajo, con una diferencia de 0,03, esta variación se debe posiblemente a las condiciones de laboratorio como menciona Ebsenshade y Triantaphyllou (1990), sin embargo, el Rm

de 0.87-1.00 coincide con Lima-Medina et al. (2013). En cuanto a *M. arenaria*, se ha identificado actividad para dos de los tres tipos de esterasa mencionados por Dos Santos (2016), estos fenotipos esterasa son *M. arenaria* Est A1 y *M. arenaria* Est A2, el Rm de la banda del Est A1 y de la primera del Est A2 coincide con Lima-Medina et al. (2013) y Aldemiro (2016) con una diferencia de 0,01, además análogo a Huang et al. (2013) y Aydinliil y Mennan (2016) las bandas de *M. arenaria* Est A2 se encuentran ligeramente debajo de la segunda y tercera banda en relación al patrón. Con relación a *M. hapla* Est H2, el Rm identificado coincide con el hallado por Machaca (2017), quién además menciona que la primera y segunda banda de este fenotipo se encuentran ligeramente debajo de la primer y segunda bandas del patrón *M. javanica* Est J3. Finalmente, *Meloidogyne* sp. presenta una sola banda polimórfica, ubicada debajo de la primera del patrón, coincide parcialmente en posición con *M. incognita* Est S1 (Rm: 0,81) identificado por Oliveira (2004) en Brasil, con una diferencia de 0,06, sin embargo, es prematuro aseverar que correspondan a una de las cuatro esterasas de *M. incognita*, porque no ha sido posible realizar identificación morfológica, haciendo falta complementar este estudio, así como la purificación de la especie. Por las especies y la variabilidad identificadas, resulta apremiante el establecimiento de sistemas de con-

ducción y manejo, sobre todo con pequeños y medianos agricultores, si se considera lo que menciona Candido et al. (2017), que estos agricultores aun conociendo a la plaga y viendo los daños y pérdidas que causa al cultivo, rara vez realizan actividades de control, por desconocimiento del nematodo y de métodos o estrategias de manejo. Es oportuno mencionar coma causal complementaria, la falta de seriedad al ejercer un manejo sanitario adecuado del campo, lo mencionado tiene base en el dialogo ejercido con agricultores del distrito de Vitor, quienes comentan que en los años en que hubo gran demanda de “pimiento paprika”, alquilaron muchos campos de cultivo y realizaron monocultivo campaña tras campaña, descuidando la conservación del suelo, el problema cuando vieron que los rendimientos eran menores a los esperados. Respecto a la distribución geográfica del “nematodo de las agallas” de las 31 zonas evaluadas, se determinó que el 87,1% se encontraba infestada por *Meloidogyne* spp como se observa en la Figura 1 y 4, se complementa que el 67,74% corresponden a poblaciones puras y el 19,35% a poblaciones mezcladas, entre dos a tres especies en una misma muestra. En la Figura 2 se observa que en orden decreciente las ocurrencias de *M. incognita* (62%), *M. arenaria* (20%), *M hapla* (11,43%) y *Meloidogyne* sp. (5,71%).

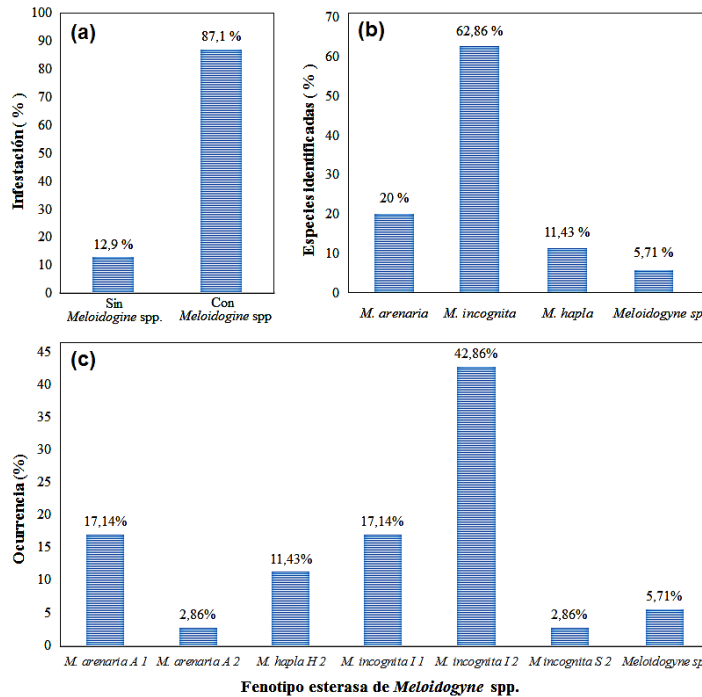


Figura 4. Porcentaje de ocurrencia de tres especies identificadas de *Meloidogyne* y una especie atípica. a: Porcentaje de áreas infestadas. b: Porcentaje de especies identificadas. c: Porcentaje de esterasas identificadas.

La mayor ocurrencia de *M. incognita* coincide con Calderón-Urrea et al. (2016), quienes mencionan que es una especie con un área geográfica muy amplia en comparación con otras. Esta aseveración es fortalecida por varios autores, quienes encontraron que *M. incognita* está en la mayoría de los países de clima tropical o cálidos (Magrinelli, 2010; Onkendi, 2012; Sikora et al., 2018). Se destaca que *M.*

incognita es polífago capaz de parasitar cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*), papa (*Solanum tuberosum*), vid (*Vitis vinifera*), maíz (*Zea mays*), espinaca (*Spinacia oleracea*), pimiento (*Capsicum annum*), papaya (*Carica papaya*), lechuga (*Lactuca sativa*), alfalfa (*Medicago sativa*), melón (*Cucumis melo*) y diversas cucurbitáceas entre muchos otros cultivos (Sikora et al., 2018).

Tabla 1

Localización, Ubicación geográfica, altura, cultivo, especie identificada, movimiento relativo (Rm) y porcentaje (%) de ocurrencia de *Meloidogyne* spp.

Provincia Distrito	Localización Cultivo	Altura msnm	Cultivo	Especie / Fen. esterasa	Rm	% de Ocurrencia
Arequipa La Joya	Irrig. La Cano	1317	porito	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	Irrig. San Isidro 1	1321	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	Irrig. San Isidro 2	1320	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	89,5
				<i>M.hapla</i> H2	0,95 - 1,15	10,5
	Irrig. San Isidro 3	1304	calabaza	<i>M.hapla</i> H2	0,95 - 1,15	100
	Irrig. San Isidro 4	1309	zapallo	<i>M. incognita</i> I1	1,00	36,8
				<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	63,2
	Irrig. San Isidro 5	1304	sandía	<i>M. incognita</i> I1	0,99	100
	Irrig. San Camilo, Asentamiento 4	1215	sandía	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	Irrig. San Camilo, Asentamiento 5	1246	sandía	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	85,7
<i>Meloidogyne</i> sp.				0,87	14,3	
Irrig. San Camilo, Asentamiento 6	1253	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100	
Irrig. San Camilo, Asentamiento 7	1289	sandía	<i>M. incognita</i> I1	1,00	40	
			<i>M. incognita</i> S2	0,88 - 1,00	40	
			<i>Meloidogyne</i> sp.	0,87	20	
Arequipa Vitor	La Lira	1223	melón	<i>M. arenaria</i> A1	1,19	43,8
				<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	18,7
				<i>M. incognita</i> I1	1,00	37,5
	La Caleta	1220	melón	<i>M. arenaria</i> A1	1,19	100
	La Buena Suerte	1218	melón	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
Pueblo Nuevo	1236	sandía	<i>M. arenaria</i> A1	1,19	100	
			<i>M. arenaria</i> A1	1,19	100	
La Lloza	1167	melón	<i>M. arenaria</i> A1	1,19	100	
Arequipa Sta. Rita de Siguas	Fundo América	1281	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
Arequipa-Yarabamba	Sogay	2446	zapallo	NE*		
Caylloma-Majes	B - 3 Irrigación Majes	1280	zapallo	<i>M. incognita</i> I1	1,00	100
	B - 3 Irrigación Majes	1308	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	D - 4 Irrigación Majes	1289	zapallo	<i>M.hapla</i> H2	0,95 - 1,15	100
	C-1 Irrigación Majes	1351	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	Centro de recría de Autodema, Irrigación Majes	1449	sandía	NE*		
	A - 1 Irrigación Majes	1411	zapallo	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	D - 1 Irrigación Majes	1415	zapallo	<i>M.hapla</i> H2	0,95 - 1,15	100
	B - 1 Irrigación Majes	1409	zapallo	<i>M. arenaria</i> A1	1,19	100
	C - 3, Irrigación Majes	1288	zapallo	NE*		100
	Islay La Punta de Bombón	Bombón	62	sandía	<i>M. arenaria</i> A1	1,19
Hacienda Nueva		48	zapallo	<i>M. incognita</i> I1	1,00	100
Islay Mejía	Conto	60	zapallo	<i>M. arenaria</i> A2	1,19 - 1,25	29,4
				<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	70,6
Camaná	Hawaii	30	sandía	<i>M. incognita</i> I2	1,02 - 1,07	100
	La Deheza	31	sandía	NE*		

*NE: No se encontró *Meloidogyne* spp.

De acuerdo con los resultados de la investigación, *M. arenaria*, se encuentra menos frecuente, pero no menos importante, [Pinheiro y Amaro \(2010\)](#), [Salam y Qais \(2018\)](#) y [Martins et al. \(2016\)](#) mencionan que *M. arenaria* es la especie más común y dañina en el cultivo de “melón”. Es importante esta aseveración al considerar que, en el distrito de Vitor, cuatro de los cinco cultivos evaluados fueron de melón y que en tres de ellos *M. arenaria* estuvo presente. Finalmente, se encuentra a *M. hapla* y la especie atípica de *Meloidogyne* con 11,43 y 5,71% de ocurrencia respectiva. En la circular técnica elaborada por [Pinheiro y Amaro \(2010\)](#) acota que las especies más importantes en las cucurbitáceas son *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria* y que *M. hapla* es capaz de parasitar algunas cucurbitáceas, aunque con menor infectividad que las especies anteriores. La investigación realizada ha encontrado a *M. hapla* como parásito de cultivo de zapallo (*Cucurbita maxima*) y calabaza (*Cucurbita pepo*) (Tabla 1).

Respecto a los fenotipos esterasa, se identificó 35, donde *M. incognita* Est I2 es de mayor frecuencia con 42,86%, seguido por *M. incognita* Est I1 - 17,14 %, *M. arenaria* Est A1 - 17,14% y *M. hapla* Est H2 con 11,43%. En menor proporción esta la especie atípica de *Meloidogyne* - 5,71%, seguido por *M. arenaria* Est A2 y *M. incognita*.

En el distrito de la Joya en las tres irrigaciones evaluadas, existe un mayor número de poblaciones de *M. incognita* (Est I1, Est I2 y Est S2), seguido por *M. hapla* Est H2 (Tabla 1), coincidiendo con [Machaca \(2017\)](#), quien indica que *M. arenaria* Est A1 también se encuentra en la zona, afectando cultivos de “páprika” en la irrigación San Camilo.

En el distrito de Vitor, el mayor número de poblaciones corresponde a *M. arenaria* Est A1, seguido por *M. incognita* (Est I1 y Est I2). En su investigación, [Evans y Perry \(2009\)](#) mencionan que *M. incognita* tiene una correlación positiva con pH alto del suelo; la importancia de este lineamiento es el pH 8 que menciona [Becerra \(1997\)](#) para los suelos del distrito de Vitor, que ha permitido el desarrollo de *M. incognita*, pero también el desarrollo de *M. arenaria*, dejando entrever que habría ejercido su capacidad de supervivencia en el medio, posiblemente aprovechando las circunstancias favorables que le rodean, como es el monocultivo, riego por gravedad que permite la diseminación de la plaga, temperatura media de 18,3 °C, entre otros factores.

En la provincia de Caylloma, en la irrigación de Majes, la mayoría de las poblaciones identificadas fueron *M. incognita* (Est I1 y

Est I2), *M. hapla* (Est H2) y *M. arenaria* (Est A1), este podría ser el orden de importancia de las especies de *Meloidogyne* para esta zona (Tabla 1). En años anteriores, [García \(1988\)](#) da a conocer la salinidad del suelo de la sección B-3 mayor a 8,3 mmhos/cm y de la sección C-1 como alta (no menciona el rango que determinó en esta sección), pero por sus resultados y por los de esta investigación, se plantea un punto de quiebre parcial con [Le Saux y Queneherve \(2002\)](#), [Iqbal-Hossain \(2014\)](#), quienes informan que las especies de *Meloidogyne*, particularmente *M. incognita* y *M. hapla* tenderían a moverse hacia zonas menos estresantes.

En la provincia de Islay, en los distritos de La Punta de Bombón y de Mejía, las especies *M. incognita* (Est I1 y I2) y *M. arenaria* (Est A1 y A2) son igualmente frecuentes. Se presume que la temperatura media de la zona de 22°C sea limitante para el ingreso de *M. hapla*, sin embargo, como menciona [Wu et al. \(2018\)](#), es característico de esta especie la aclimatación a diferentes cambios de temperatura, por lo que no se descarta que puede estar en otras zonas no muestreadas de la provincia de Islay.

La amplia distribución del género se atribuye a la temperatura y humedad, que oscilan en una media de 19,01 - 23,49 °C y un 55,8 - 83,8% respectivamente, rangos favorables para especies de climas cálidos como *M. incognita* y *M. arenaria* y que se ajustan a las demandas de *M. hapla*. Se coincide con los estudios realizados por [Luambano et al. \(2015\)](#) quienes mencionan para *M. incognita* y *M. arenaria* un rango de 18 - 27 °C y de *M. hapla* un rango de 15 - 25 °C. Además, el cultivo y la plaga comparten demandas climáticas y edáficas semejantes, de acuerdo con [Rojas et al. \(2017\)](#) donde las cucurbitáceas evaluadas demandan temperaturas de 20 - 30 °C, humedad relativa entre 60% - 80% y suelos sueltos, de textura franca, profundos y de buen drenaje. Por tal motivo se debe procurar implementar medidas preventivas de control que impidan el ingreso de estas especies a campos donde la plaga está ausente, considerando que en algunos casos esos campos son circundantes a aquellos que sostienen las poblaciones identificadas. Esta apreciación concuerda con [Del Valle et al. \(2013\)](#), quienes mencionan que en medida que se deje pasar el tiempo sin tomar acciones adecuadas, el control se vería dificultado.

En Yarabamba la ausencia del género puede deberse a la restricción por temperatura, debido a que se registró una media de 14,16 °C, con mínimas de 6,99 °C, temperaturas que no son favorables para el normal desarrollo del nematodo de las agallas, sin

embargo en contraste a lo mencionado por Taylor y Sasser (1983), que a temperaturas de 4,6°C, los huevos y juveniles de *M. hapla* son viables he infectivos y a las investigaciones de Wu et al. (2018), llevadas bajo criogenia protegida, es posible que, aunque en la zona evaluada no se haya encontrado al nematodo, si podría estar presente en otros puntos de muestreo dentro del distrito y bajo las condiciones ambientales registradas.

4. Conclusiones

Se identificaron 35 poblaciones de *Meloidogyne* spp. mediante electroforesis para la enzima esterasa y se determinó que corresponden a: *M. incognita* Est I1 (Rm: 1,00), *M. incognita* Est I2 (Rm: 1,02-1,07), *M. incognita* Est S2 (Rm: 0,88-1,00), *M. arenaria* Est A1 (Rm: 1,19), *M. arenaria* Est A2 (Rm: 1,184 - 1,25), *M. hapla* Est H2 (Rm: 1,00-1,15) y una especie atípica de *Meloidogyne* (Rm: 0,87). De estas poblaciones, *Meloidogyne incognita* está distribuida en Arequipa, Caylloma, Islay y Camaná, con mayor ocurrencia *M. incognita* Est I2, seguido por *M. incognita* Est I1 y *M. incognita* Est S2.

La especie *M. arenaria* Est A1 es la más diseminada en las provincias de Arequipa, Caylloma Islay, en cambio *M. arenaria* Est A2 se encuentra solo en Islay. *M. hapla* Est H2 está distribuida en las provincias de Arequipa y Caylloma. Sin embargo, la especie atípica de *Meloidogyne* solamente se encuentra en la irrigación San Camilo en la provincia de Arequipa, Perú.

Por último, futuras investigaciones deberán ser realizadas para verificar e identificar los genes de resistencia en diferentes variedades de cucurbitáceas cuando inoculadas con poblaciones de *Meloidogyne*.

Agradecimientos

A Innóvate-Perú (Ministerio de la Producción) por el apoyo financiero 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-PNCP-BRI-2105.

ORCID

E. Miranda-Barrios  <https://orcid.org/0000-0001-8741-3577>
 R. Quispe-Castro  <https://orcid.org/0000-0001-5025-5077>
 I. Lima-Medina  <https://orcid.org/0000-0002-4740-0402>
 R. Bravo-Portocarrero  <https://orcid.org/0000-0001-5186-7569>
 A. Ancuelle-Arenas  <https://orcid.org/0000-0003-4336-1116>

Referencias bibliográficas

Aldemiro, S.J.J. 2016. Espécies de *Meloidogyne* em hortaliças e outras culturas provenientes de áreas periurbanas da África subsaariana. Tesis de Maestría ed. Brasília: Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, 93 pp.

Andrade, V.C.; Gomes, J.A.A.; Oliveira, C.M.; et al. 2016. Resistência de clones de batata-doce a *Meloidogyne javanica*. Horticultura brasileira 34(1): 130-136.

Aydinli, G.; Mennan, S. 2016. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) from greenhouses in the Middle Black Sea Region of Turkey. Turkish Journal of Zoology 40(1): 675-685.

Becerra, C. 1997. Identificación y ocurrencia poblacional de nematodos asociados a las principales especies frutícolas de la región Arequipa. Arequipa. Perú: Tesis Ing Agronomo.Fac.Agronomía.Universidad Nacional de San Agustín -UNSA.Areq-Perú, 114 pp.

Block, V.; Powers, T. 2009. Biochemical and molecular identification. En: R.N. Perry, M. Moens & J. L. Starr, eds. Root-knot nematodes. Cambridge: CAB Internacional 98-118 pp.

Calderón-Urrea, A.; Vanholme, B.; Vangestel, S.; et al. 2016. Early development of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Developmental Biology 16(10): 1-10.

Candido, W.D.S.; Castoldi, R.; Santos, L.D.S.; et al. 2017. Genetic parameters of resistance to *Meloidogyne incognita* in melon. Ciencia Rural, Santa Maria 47(5): 1-6.

Carneiro, R.M.D.; Almeida, M. 2001. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. Nematologia Brasileira 25(1): 35-44.

Del Valle, E.; Guzmán, A.; Belavi, A.; et al. 2013. Comportamiento de cuatro cultivares de Cucurbita maxima cv. zapallito frente al parasitismo del nematodo de las agallas *Meloidogyne incognita*. FAVE Sección Ciencias Agrarias 12(2): 1-5.

Dos Santos, J. 2016. Caracterização morfológica, enzimática e molecular de populações brasileiras de *Meloidogyne* spp.: identificação e sinonimização de espécies. Tesis de Doctorado ed. Brasília: Universidad De De Brasília, Instituto De Ciências Biológicas 167pp.

Esbenshade, P.R.; Triantaphyllou, A.C. 1990. Isozyme Phenotypes for the Identification of *Meloidogyne* Species. Journal of Nematology 22(1): 10-15.

Evans, A.; Perry, R. 2009. Survival mechanisms. En: R.N. Perry et al. Edits. Root-Knot nematodes. Cambridge: CAB International 201-245 pp.

García, J. 1988. Informe: Tipos de suelo en los asentamientos C-1, C-2, C-3, Caylloma: Autoridad Autónoma de Majes-AUTODEMA.

Huang, J.; Zeng, Y.; Chen, X. 2013. Morphological, enzymatic and molecular characterization of *Meloidogyne arenaria* from Anubias barteri var. caladiitolia in China. Nematropica 43(2): 261-270.

Iqbal-Hossain, 2014. Literature Review and Research Proposal on Adaptation of *Meloidogyne* spp. to drought stress. Tesis de Posgrado ed. Belgium: Faculty of Science. Department of Biology. Ghent University 110 pp.

Ito, L.A.; Galatti, F.S.; Braz, L.T.; et al. 2014. Resistência de porta-enxertos de cucurbitáceas a nematoides e compatibilidade da enxertia em melão. Horticultura brasileira 32: 297-302.

Jaramillo-Pineda, J.J.; Guerrero-Olazarán, M.; Fuentes-Garibay, J.A.; et al. 2015. Identificación de especies de *Meloidogyne* utilizando la secuenciación de regiones espaciadoras transcritas internas de ADN ribosomal de estadios juveniles. Revista Mexicana de Fitopatología 33(1): 1-11.

Keinath, A.P.; Wetcher, W.P.; Rutter, W.B.; et al. 2019. Cucurbit rootstocks resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum remain resistant when coinfecting by *Meloidogyne incognita* in the field. Plant Disease 103(6): 1383-1390.

Le Saux, R.; Queneherve, P. 2002. Differential chemotactic responses of two plant-parasitic nematodes, *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*, to some inorganic ions. Nematology 4: 99-105.

Lima-Medina, I.; Somavilla, L.; Gomes-Carneiro, R.M.D.; et al. 2013. Espécies de *Meloidogyne* em figueira (*Ficus carica* L.) e em plantas infestantes. Nematropica 43(1): 56-62.

- Lima-Medina, I.; Gomes, C.B.; Correa, V.R.; et al. 2017. Genetic diversity of *Meloidogyne* spp. Parasitising potato in Brazil and Aggressiveness of *M. javanica* populations on susceptible cultivars. *Nematology* 19: 69-80.
- López-Gómez, M.; Flor-Peregrín, E.; Talavera, M.; et al. 2015. Suitability of zucchini and cucumber genotypes to populations of *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, and *M. javanica*. *Journal of Nematology* 47(1): 79-85.
- Luambano, N.D.; Manzanilla-Lopez, R.H.; Kimenju, J.W.; et al. 2015. Effect of temperature, pH, carbon and nitrogen ratios on the parasitic activity of *Pochonia chlamydosporia* on *Meloidogyne incognita*. *Biological Control* 80: 23-29.
- Machaca, C. 2017. Identificación de *Meloidogyne* spp. por morfología e isoenzimas en pimiento paprika (*Capsicum annuum* L.) en tres irrigaciones de la region Arequipa.: Tesis Ing Agronomo.Facultad de Agronomia. Universidad Nacional de San Agustín-UNSA. Arequipa-Perú 84 pp.
- Magrinelli, J. 2010. Levantamento das espécies de nematoides das galhas em áreas de cultivo de olerícolas e reação de espécies vegetais a *Meloidogyne enterolobii* e *M. javanica*. Tesis Doctoral ed. Sao Paulo: Faculdade de Ciências Agronmicas da Unesp – Câmpus de Botucatu 131 pp.
- Marino, R.H.; Gomes, L.A.A.; Cruz, E.M.O.; et al. 2012. Controle de *Meloidogyne incognita* raza 1 com óleo essencial de *Lippia alba*. *Scientia Plena* 8(4): 1-8.
- Martins, G.M.M.; Santos, C.W.; Silva, S.L.; et al. 2016. Reaction of melon genotypes to *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 46(1): 111-115.
- Nyczepir, A. 2013. Field performance of pecan rootstocks for resistance to *Meloidogyne partityla* in the southeastern United States. *Nematropica* 43: 63-67.
- Oliveira, D.S.; Oliveira, R.D.; Gonçalves, W. 2004. Fentipo S1 de esterase em *Meloidogyne incognita* no Brasil. *Notas Fitopatolgicas / Phytopathological Notes* 31(2): 207.
- Onkendi, E. 2012. Molecular characterization of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) parasitizing potatoes (*Solanum tuberosum*) in South Africa. Pretoria. South Africa: Faculty of agricultural science. University of Pretoria.
- Pinheiro, J.B.; Silva, G.O.; Oliveira, V.R.; et al. 2019. Prospection of genetic resistance resources to root-knot nematodes in cucurbit genotypes. *Horticultura Brasileira* 37: 343-347.
- Pinheiro, J.B.; Amaro, G.B. 2010. Ocorrncia e controle de nematoides nas principais espécies cultivadas de cucurbitáceas. *Circular Tecnica*, pp. 1-7.
- Rojas, J.M.; Goytia, S.Y.; Roldn, M.F.; et al. 2017. ndice de calidad de suelos aplicado a la producción de Cucurbitáceas (Chaco, Argentina). *Spanish Journal of Soil Science* 7(3): 222-227.
- Salam, F.A.; Qais, K.Z. 2018. Efficiency of some bio and organic agents to control root knot nematode *Meloidogyne* spp. on cucumber plants *Cucumis sativus*. *Journal for Agricultural Sciences* 18(3): 117-127.
- Santos, M; Furlanetto, C.; Almeida, M; et al. 2012. Biometrical, biological and molecular characteristics of *Meloidogyne incognita* isolates and related species. *European Journal of Plant Pathology* 134: 671-684.
- Sikora, R.A.; Coyne, D.; Hallmann, J.; et al. 2018. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, CAB International ed. Wallingford: 901 pp.
- Silva, M.C.L.; Santos, C.D.G.; Silva, G.S. 2016. Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará, *Revista Ciência Agronmica* 47(4): 710-719.
- Taylor, A.L.; Sasser, J.N., 1983. *Biología, Identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (Especies de Meloidogyne)*. Carolina del Norte: s.n.
- Wu, X.; Zhu, X.; Wang, Y.; et al. 2018. The cold tolerance of the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*. *Plos one* 13(1): 1-9.