

Densidad poblacional de Nematodos asociados al cultivo de maíz (*Zea mais* L.) en las regiones de Puno y Cusco
Population density of Nematodes associated to maize cultivation (*Zea plus* L.) in the regions of Puno and Cusco

Israel Lima-Medina^{*}; Rosario Bravo Portocarrero; Marilia Aguilar-Gomez

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano de Puno Perú. ^{*}Autor para correspondencia:
islimes@hotmail.com

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 20-06-2017
Artículo aceptado 15-09-2017
On line: 27-09-2017

PALABRAS CLAVES:

Nematodos fitoparásitos,
caracterización morfológica.

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de importancia mundial por sus diferentes usos industriales y valor nutritivo. Al igual que otros cultivos, se ve afectado por plagas, entre ellos los nematodos, cuya presencia en el cultivo de maíz ocasiona disminución en los rendimientos, por ello se plantea el presente trabajo. Con la finalidad de determinar la densidad poblacional de nematodos asociados al cultivo de maíz en las regiones de Puno y Cusco; para lo cual se recolectó 121 muestras de suelo durante la campaña 2015-2016 en la Región Puno, en los distritos de Chupa, Sandía, San Juan del Oro, Cuyocuyo, Ayapata, Ollachea, San Gabán; y 30 muestras de la Región Cusco, en los distritos de Pisac y Urubamba. Fueron identificados y verificados las incidencias los generos de *Helicotylenchus* spp. (32-100%), *Mesocriconema* spp. (33.3-63.8%), *Globodera* spp. (96-100%), *Xiphinema* spp. (11-36.6%), *Rotylenchus* spp. (20-77.2%) y *Dorylaimus* spp. (7.7%). Fue observado también la presencia de nematodos de vida libre (Saprophytas y predadores) (96-100%). Los nematodos más predominantes en todas áreas fueron *Helicotylenchus*, *Mesocriconema* y los nematodos de vida libre.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 20-06-2017
Artículo aceptado 15-09-2017
On line: 27-09-2017

PALABRAS CLAVES:

plant parasitic nematodes.
Morphological characterization.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is a cereal of global importance for its different industrial uses and nutritive value. Like other crops, it is affected by pests, including nematodes, whose presence in the maize crop causes a decrease in yields, so the present work is presented. In order to determine the population density of nematodes associated with maize cultivation in the regions of Puno and Cusco; For which 121 soil samples were collected during the 2015-2016 campaign in the Puno Region, in the districts of Chupa, Sandia, San Juan del Oro, Cuyocuyo, Ayapata, Ollachea and San Gabán; And 30 samples from the Cusco Region, in the districts of Pisac and Urubamba. Were identified the genera *Helicotylenchus* spp. and verified. (32-100%), *Mesocriconema* spp. (33.3-63.8%), *Globodera* spp. (96-100%), *Xiphinema* spp. (11-36.6%), *Rotylenchus* spp. (20-77.2%) and *Dorylaimus* spp. (7.7%). It was also observed the presence of free-living nematodes (Saprophytes and predators) (96-100%). The most prevalent nematodes in all areas were *Helicotylenchus*, *Mesocriconema* and free-living nematodes.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conoce y es utilizado por el hombre desde épocas remotas. La importancia de este cultivo a nivel mundial está dada por los diversos usos, desde grano verde, bajo las formas de choclo y como grano seco bajo la forma de cancha, mote, harina pre-cocida y bebidas; en alimentación animal es utilizado en la crianza avícola y porcina, además de su uso como forraje para el ganado (Maluenda, 2015).

La superficie mundial dedicada al cultivo del maíz durante el año 2016 fue de 195'000,000 de hectáreas, cuya producción alcanzó los 974'000,000 toneladas (Consejo Internacional de Cereales, 2017).

El maíz ha sido y sigue siendo uno de los productos más importantes en la alimentación nacional y de mayor arraigo en la cultura productiva de la población rural de los andes peruanos (MINAG, 2014). A nivel nacional la superficie sembrada es de 441,100 hectáreas, con una producción de 1'500,000 toneladas (INEI, 2016).

Este cultivo se siembra desde el nivel del mar hasta los 3900 msnm.; por lo cual es considerado uno de los cultivos agrícolas de mayor trascendencia y repercusión por el impacto socio económico que representa para el poblador (Serratos-Hernandez, 2009).

En la Región Cusco, el área destinada para este cultivo es de 28,700 hectáreas con una producción de 420,000 toneladas, dándose los mayores niveles de producción en el valle sagrado de los Incas, comprendido entre las provincias de Calca y Urubamba donde el rendimiento promedio es de 3,000 Kg/ha. En la Región Puno el área sembrada de maíz es de 6,400 hectáreas, con una producción de 131,400 toneladas, siendo Carabaya y Sandia, las provincias con la mayor producción (INEI, 2016).

Más de 60 especies de nematodos fitoparásitos han sido señaladas en asociación con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.); sin embargo, la información relacionada con biología o patogenicidad es insuficiente. Especies de *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Heterodera* son consideradas como las más importantes (McDonald y Nicol, 2005).

Meloidogyne spp. es uno de los géneros de nematodos fitoparásitos más importantes debido a las pérdidas que ocasiona en los cultivos, ya que produce alteraciones en las raíces provocando agallas (Hussey y Janssen, 2002).

Las especies de *Meloidogyne* comúnmente detectadas mundialmente son causantes de los mayores daños en el cultivo de maíz, entre ellas *M. incognita* y *M. javanica*, (Rosa et al., 2012). Los síntomas de los daños en la planta, de parte del nematodo en el suelo incluyen tamaño irregular, atrofiamiento de las hojas, amarillamiento, deformación y tamaño reducido de la espiga. Entretanto en las raíces el nematodo puede ocasionar ramificaciones lesiones necróticas (manchas de color negro o café oscuro) (Tylka, 2007).

El muestreo y análisis nematológico del suelo permite determinar la densidad poblacional de nematodos fitoparásitos presentes en determinada muestra. Un paso inicial para el manejo de nematodos es la recolección de muestras de suelo y raíces contrastando con los síntomas en las plantas agrícolas (Coyne, Nicol y Claudius-Cole, 2007). Posteriormente con la ayuda de un nematólogo con experiencia permitirá identificar con exactitud los géneros fitoparásitos, con la finalidad de realizar un diagnóstico adecuado.

Así mismo un programa efectivo de manejo integrado de nematodos en el cultivo de maíz debe tener la combinación de varias prácticas, lo que permitirá mantener y/o reducir en bajos niveles el umbral de daño económico. Estas prácticas deben incluir el uso de métodos culturales, variedades resistentes, el

control biológico, además del control químico (Grabau y Vann, 2017).

La eficacia de las medidas de control frente a los nematodos fitoparásitos debe considerarse a corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de reducir las poblaciones de nematodos para no afectar la siguiente campaña (Blair, 1996). Así, el objetivo de esta investigación es determinar la variación de la densidad poblacional de los nematodo fitoparásitos encontrados en el cultivo de maíz de las principales zonas de producción de las regiones de Cusco y Puno.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos fases; el desarrollo de la primera fase se realizó en campo, en las

principales zonas de producción de las Regiones de Puno (Chupa, Sandia, Cuyo Cuyo, San Juan del Oro, Ayapata, San Gaban y Ollachea) (Figura 1) y Cusco (Pisac y Urubamba). La segunda fase consistió en el procesamiento de muestras en laboratorio (mega laboratorio y laboratorio de Entomología área de Nematología) 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 áreas de cinco productores; haciendo en total 161 muestras de suelo de 40 parcelas. Se utilizaron fichas de campo para las evaluaciones respectivas en las zonas de producción.

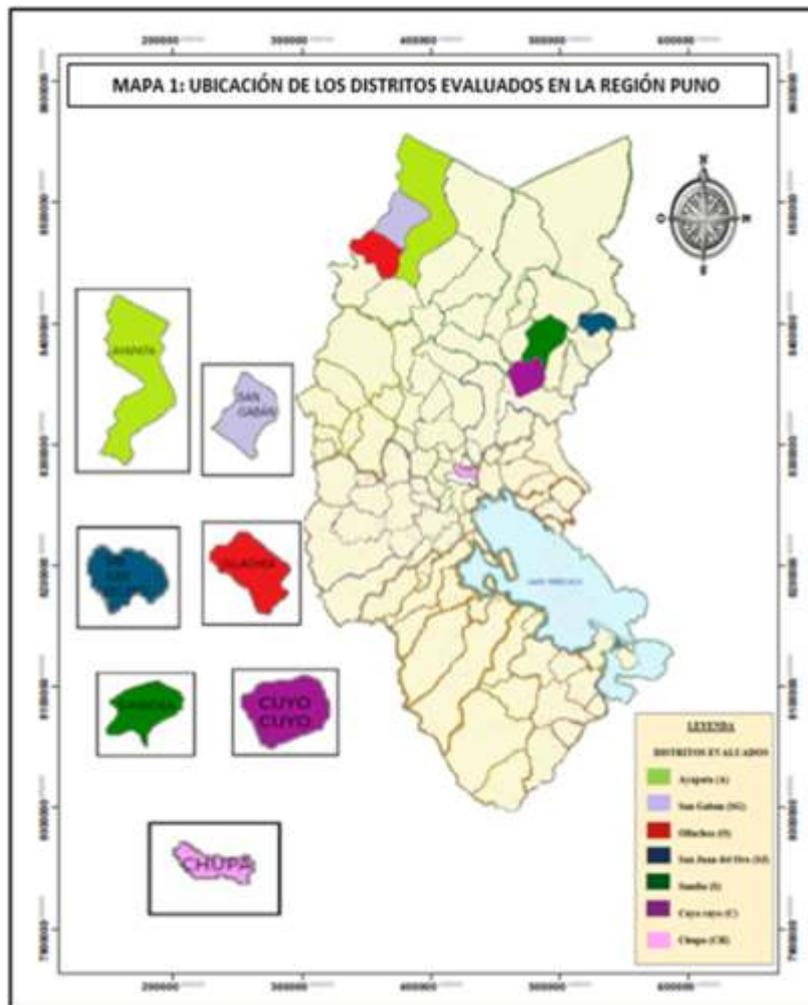


Figura 1: Mapa de ubicación del muestreo de áreas de maíz en la región Puno

Identificación y cuantificación de nematodos.

Los muestreos se realizaron a inicios de enero de 2016 hasta fines de marzo de 2016. A continuación, se describen los pasos de la colección de muestras de suelo y/o raíces que se efectuaron en este trabajo de investigación:

Se recogieron muestras de suelo con la humedad a capacidad de campo. Se colectaron 10 sub muestras de suelo por hectárea. Los puntos se tomaron caminando el área en zigzag y abriendo el suelo en forma de V, a una profundidad de 25 a 30 cm colocándose la muestra de suelo en bolsas de plásticos. De cada sub muestra se recolectó entre 500 a 1000 gramos de suelo. Finalmente, las muestras fueron llevadas a laboratorio para que sean procesadas y evaluadas (Tihohod, 2000).

Método de fluctuación centrifuga con sacarosa

Se homogenizó bien la muestra de suelo utilizando guantes quirúrgicos. Se retiró una proporción de 250 gr. de suelo. Se mezcló bien el suelo con el agua (aproximadamente un litro), con la finalidad de desagregar los terrones, para la liberación de los nematodos en la suspensión (Figura 2A), posteriormente se trasvaso la suspensión a través de

un tamiz de 60 Mesh (0.42 mm de abertura) y en la parte superior, seguido del tamiz de 100 Mesh (0.149 mm de abertura) y debajo un tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura) (Figura 2B). Luego se recolectó 50 ml. de los dos últimos tamices (100 y 400 Mesh) (Figura 2C). Seguidamente a la suspensión de 50 ml. se adicionó una cuchara de cal deshidratada (Figura 2D) con la finalidad de separar la parte sedimentada de la parte líquida, estas fueron homogenizadas y luego fueron transportados a los tubos de centrifugación, se centrifugo por cinco minutos a una velocidad de 1,750 rpm. Al finalizar el tiempo, se retiraron los tubos de centrifugación, y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante. Posteriormente se adicionó la solución de sacarosa (500 g de azúcar disuelta en 1 litro de agua) a cada tubo (Figura 3A). La suspensión se centrifugó a 1,750 rpm/un minuto (Figura 3B), al finalizar el tiempo, se retiró los tubos de la centrifugadora y se vertieron individualmente en el tamiz de 400 Mesh (0.037 mm de abertura), posteriormente fue lavado con bastante agua, para retirar la solución de sacarosa (Figura 3C). Por último, se recolectó en beakers individualmente cada muestra, estas fueron llevados a microscopio estereoscopio para su análisis respectivo de los nematodos presentes (Figura 3D) (Jenkins, 1964).



Figura 2: A: Mezcla de suelo del cultivo de maíz, de proporción 250 cm³ de suelo con un litro de agua B: Vertido del sobrenadante en los tamices 60, 100 y 400 Mesh respectivamente C: Recolecta de suelo del tamiz 400 Mesh para procedimiento de centrifugación D: Proceso de centrifugación con solución cal deshidratada.

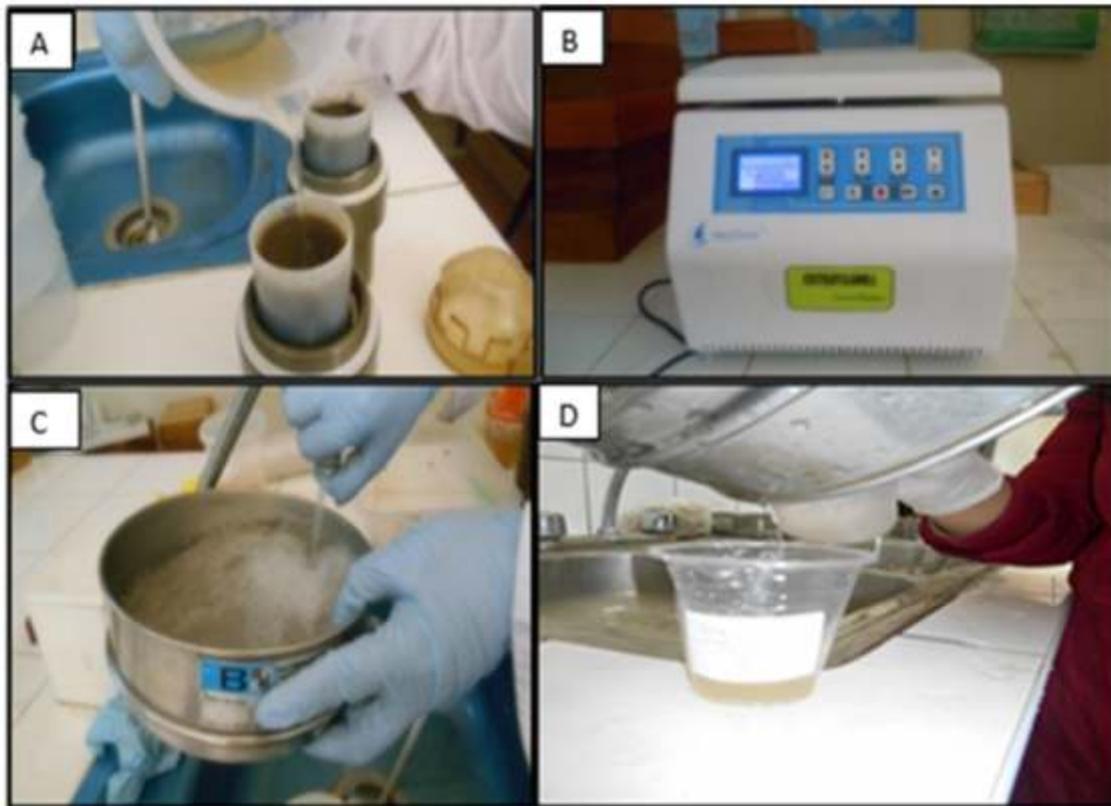


Figura 3: A: Adicionando solución sacarosa B: Centrifugación de muestra de suelo con solución sacarosa a 1,750 rpm/un minuto C: Lavado con chorros fuertes de agua del sobrenadante, para eliminar la solución sacarosa D: Recolecta de nematodos para su posterior identificación de en estereoscopio

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los géneros identificados fueron: *Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Globodera* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp. y *Dorylaimus* spp. Igualmente fue comprobado también la presencia de nematodos de vida libre (Saprofitos y predadores) en altos índices en todas las provincias en estudio. Para el cual todos estos géneros se determinó la variación de su densidad poblacional.

La incidencia del genero *Helicotylenchus* observada en los distritos de Sandia y San gaban fue mayor en relación a las otras áreas de otros distritos (88 y 100% respectivamente). Entretanto para el género *Mesocriconema* la mayor incidencia fue en el distrito de Sandia y la menor en el distrito de Chupa (83.3 y 33.3% respectivamente). Asi mismo para el género *Xiphinema* en todos los distritos fueron observadas

poblaciones bajas no superando el 50% (Tabla 1).

Para el género *Rotylenchus* solamente fueron observados en los distritos de San Juan del Oro, San Gabán y Cuyo cuyo (77.2, 26.6, y 20.0% respectivamente) en cambio para el género *Dorylaimus* solamente fue observado la incidencia en Sandia con 7.7% (Tabla 1).

Para el género *Globodera* y los nematodos de vida libre, en todas las áreas fueron observadas 100% de incidencia (Tabla 1).

En las áreas de maíz de los distritos de Písaq y Urubamba de la región Cusco, fueron observadas incidencias bajas en ambos distritos no en tanto incidencias mayores fueron observadas en el género *Globodera* y en los nematodos de vida libre (100% de incidencia en ambos casos) (Tabla 2).

Tabla 1: Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (*Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Rotylenchus* spp., *Dorylaimus* spp., *Globodera* spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (Densidades poblaciones mayores y densidades poblacionales menores) presentes en cada distrito muestreado en la región Puno

Géneros de nematodos		DISTRITOS DE LA REGIÓN PUNO						
		CHUPA	SANDIA	SAN JUAN DEL ORO	CUYOCUYO	AYAPATA	OLLACHEA	SAN GABAN
1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	Inc. (%)	33.3	88.8	40.4	32	66.6	66.6	100
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	0.7(0-20)	17.7(0-206.7)	6.9(0-16.6)	3.5(0-53.3)	13(0-103.3)	13.8(0-86.6)	23.1(13.3-140)
2.- <i>Mesocriconema</i> spp.	Inc. (%)	33.3	83.3	35	62.6	63.8	48	35.5
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	1.1(0-33.3)	22.1(0-213.3)	8.3(0-63.3)	5.7(0-40)	6.2(0-46.7)	2.4(0-13.3)	8.8(0-120)
3.- <i>Xiphinema</i> spp.	Inc. (%)	23	36.8	40	0	16.6	22.2	11
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	2.1(0-50)	3(0-53.3)	5.5(0-23.3)	0	0.9(0-13.3)	1.2(0-13.3)	0.6(0-13.3)
4.- <i>Rotylenchus</i> spp.	Inc. (%)	0	0	77.2	20	0	0	26.6
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	0	0	15.1(0-80)	1.5(0-33.3)	0	0	4.4(0-53.3)
5.- <i>Dorylaimus</i> spp.	Inc. (%)	0	7.7	0	0	0	0	0
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	0	0.6(0-16.7)	0	0	0	0	0
6.- <i>Globodera</i> spp.	Inc. (%)	100	96	0	100	0	0	0
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	44.4(10-278.7)	17.4(7-165.3)	0	25.9(36-100.6)	0	0	0
7.- Nematodos de Vida Libre	Inc. (%)	100	96	100	100	100	100	100
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	26(30-140)	47.1(20-36.7)	25.6(20-133.3)	26.4(30-156.7)	35.6(30-126.7)	27.1(30-120)	23.4(40-163.3)

Leyenda: Inc. = Incidencia; ρ = Densidad; \bar{X} = Promedio poblacional

$\rho \bar{X}$: Expresado en individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

\Leftrightarrow : Expresan rangos de densidades poblacionales mayores y densidades poblacionales menores de individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

El género *Globodera* spp. esta expresado en quistes/100cm³ de suelo

Tabla 2: Incidencia (%) de nematodos fitoparásitos (*Helicotylenchus* spp., *Mesocriconema* spp., *Xiphinema* spp., *Globodera* spp. y nematodos de vida libre) y las densidades poblacionales promedios (Densidades poblaciones mayores y densidades poblacionales menores) presentes en cada distrito muestreado en la región Cusco.

Géneros de nematodos		DISTRITOS DE LA REGIÓN CUSCO	
		URUBAMBA	PISAC
1.- <i>Helicotylenchus</i> spp.	Inc. (%)	33.3	45
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	4(0-86.7)	4.1(0-30)
2.- <i>Mesocriconema</i> spp.	Inc. (%)	19.6	12.8
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	1.5(0-53.3)	1.2(0-23.3)
3.- <i>Xiphinema</i> spp.	Inc. (%)	5	5.8
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	0.2(0-6.7)	0.4(0-23.3)
4.- <i>Globodera</i> spp.	Inc. (%)	82	100
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	15.5(6-71.3)	35.9(0-270)
5.- Nematodos de vida libre	Inc. (%)	100	100
	$\rho \bar{X}$ (\Leftrightarrow)	32.1(40-146.7)	23.4(60-86.7)

Leyenda: Inc. = Incidencia; ρ = Densidad; \bar{X} = Promedio poblacional

$\rho \bar{X}$: Expresado en individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

\Leftrightarrow : Expresan rangos de densidades poblacionales mayores y densidades poblacionales menores de individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

El género *Globodera* spp. esta expresado en quistes/100cm³ de suelo

Densidad poblacional del género *Helicotylenchus*

El género *Helicotylenchus* si bien es cierto se encuentra presente en todos los distritos que fueron evaluados de la Región Puno; las densidades poblacionales más altas de 23.1 juveniles/100 cm³ de suelo fueron observados en el distrito de San Gabán. Así mismo, los distritos de Sandia, Ollachea y Ayapata sus densidades promedio fueron de 15.7, 13.8 y 13.0 juveniles/100 cm³. Los distritos de San Juan del Oro, Cuyocuyo y Chupa presentaron densidades poblacionales más bajas (6.9, 3.5 y 0.71 juveniles/100cm³ de suelo respectivamente) (Figura 4). La incidencia fue mayor de 30% en todas las áreas evaluadas.

El departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) señala pérdidas económicas a partir de 100 individuos/100 cm³ de suelo; sin embargo, Tylka (2011) refiere que un número mayor a 200 individuos/100 cm³ de suelo puede resultar perjudicial para el cultivo de maíz; por otro lado, Tylka (2007) indica que el umbral de daño económico se encuentra por encima de 1000 individuos/100 cm³ de suelo.



Figura 4: Densidad poblacional del género *Helicotylenchus* en el cultivo de maíz de la región

Analizados las densidades poblacionales estas se encuentran por debajo del umbral de daño mencionado por los autores, hay que considerar lo referido por Luc *et al.*, (2005), quienes indican que estos nematodos pueden convertirse en plagas potenciales para el cultivo del maíz, por lo que es necesario realizar siempre un plan de manejo.

Por otro lado; Siddiqi (2000) y Luc *et al.*, (2005), señalan que *Helicotylenchus* spp. es un nematodo fitoparásito cosmopolita de áreas tropicales y subtropicales, por ello las densidades poblacionales más altas se encontraron en el distrito de San Gabán, cuyo clima tropical permite la permanencia y desarrollo este nematodo; no obstante, en la presente investigación también se encontró presencia de este género en el distrito de Chupa y Cuyocuyo, que presentan climas templados y cuyas temperaturas medias en el mes colectado fueron de 11.7 y 10.5°C respectivamente; por tanto, estos resultados demostrarían que éste nematodo puede adaptarse a condiciones climáticas similares.

El género *Helicotylenchus* spp., se encuentra presente en los dos distritos evaluados de la Región Cusco, con densidades poblacionales promedio de 4.06 y 4.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en los distritos de Urubamba y Pisac respectivamente. El porcentaje de incidencia en Pisac fue de 45%, mientras que en Urubamba 33.3% (Tabla 2).

Estos resultados muestran densidades poblacionales muy bajas, en relación al umbral de daño citado anteriormente, un buen indicador para el desarrollo normal del cultivo. Cepeda, (1996), menciona que cuando hay alta densidad de población, la planta tiene una pérdida de vigor progresiva, manifestándose con baja en el rendimiento del cultivo. Las muestras de suelo evaluadas presentan densidades poblacionales por debajo del umbral de daño, lo cual es un buen indicador para el cultivo, significando que la planta tiene un desarrollo normal.

Densidad poblacional del género *Mesocriconema* En todos los distritos en estudio se observó la presencia del género *Mesocriconema*, con mayor densidad poblacional (18.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en el distrito de Sandia; mientras que, en los distritos de San Gabán, San Juan del Oro, Ayapata y Cuyocuyo con densidades promedio de 8.8, 8.3, 6.2 y 5.7 individuos juveniles/100gg cm³ de suelo respectivamente. En Ollachea y Chupa, se observó densidades poblacionales bajas de 2.4 y 1.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo.

Figura 5: Densidad poblacional del género *Mesocriconema* en el cultivo de maíz de la región Puno



En relación al umbral de daño, Tylka *et al.* (2011) y la Universidad de Iowa State, señalan que poblaciones por encima de 100 individuos/100 cm³ de suelo pueden causar pérdidas significativas en el cultivo de maíz. Realizando una comparación con lo indicado por los autores, las áreas evaluadas de maíz se encuentran por debajo del umbral de daño, lo cual

significa que no existen daños mayores a causa de este género.

De acuerdo a los resultados obtenidos, todos los distritos evaluados mostraron presencia de este nematodo, debido a que el género está asociado a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas, además Ferris (1999), indica que *Mesocriconema* se desarrolla mejor en suelos húmedos; y que durante la estación lluviosa aumenta sus densidades poblacionales, contrariamente a lo que señala dicho autor, en la presente investigación, el distrito que presenta la mayor densidad poblacional es Sandia, cuyas precipitaciones en el mes muestreado fueron extremadamente bajas; sin embargo, Chupa y Ollachea que presentaron precipitaciones mensuales por encima de 100 mm, tuvieron las menores densidades poblacionales (Figura 5), lo que nos permite deducir que en la reproducción y adaptación de este género influyen factores físicos concomitantes como temperatura, humedad, textura del suelo, entre otros.

En los distritos de Urubamba y Pisac se encontró *Mesocriconema* spp., con densidades poblacionales promedio de 1.5 y 1.2 individuos juveniles/100 cm³ de suelo respectivamente; correspondiendo el porcentaje de incidencia a 19.6 y 12.8% en Urubamba y Pisac respectivamente (Tabla 2). El umbral de daño es muy bajo para ambos distritos evaluados; y por tanto no se ve afectado el desarrollo de las plantas de maíz en la Región Cusco.

Densidad poblacional del género *Xiphinema*

Se observa densidades poblacionales promedio de 5.5, 2.2, 2.1, 1.2, 0.9 y 0.6 individuos juveniles/100 cm³ en muestras de suelo correspondientes a los distritos de San Juan del Oro, Sandia, Chupa, Ollachea, Ayapata y San Gabán respectivamente (Figura 9). En Cuyocuyo no se presentó incidencia de este género.

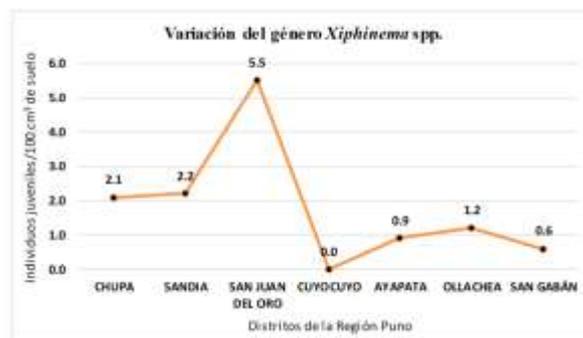


Figura 6: Densidad poblacional del género *Xiphinema* en el cultivo de maíz de la región Puno

Se observa densidades poblacionales promedio de 5.5, 2.2, 2.1, 1.2, 0.9 y 0.6 individuos juveniles/100 cm³ en muestras de suelo correspondientes a los distritos de San Juan del Oro, Sandia, Chupa, Ollachea, Ayapata y San Gabán respectivamente (Figura 9). En Cuyocuyo no se presentó incidencia de este género.

El umbral de daño según Tylka *et al.* (2011) es de 30 a 40 individuos/100 cm³ de suelo, sin embargo, A & L Great Lakes Laboratories (2009), señalan que los daños ocurren a partir de 100 individuos/100 cm³ de suelo, pero la universidad Clemson y Purdue de USA, consideran que más de 200 individuos/100 cm³ de suelo recién comienzan a ocasionar pérdidas en el cultivo de maíz. De acuerdo al umbral de daño mencionado por los autores, podemos afirmar que, en los distritos evaluados de la Región Puno, las densidades poblacionales son bastante bajas, por tanto en el momento no afectaría al normal desarrollo de las plantas de maíz.

A pesar de encontrarse bajas densidades poblacionales de este género, es importante tener en cuenta que varias especies del nematodo *Xiphinema* son consideradas problemáticas por el daño indirecto que generan al transmitir diversos virus, según lo menciona Ferris (1999).

En las localidades de Cusco, se observa la presencia de *Xiphinema* spp. en densidades poblacionales bajas (1.4 y 0.2 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en

los distritos de Pisac y Urubamba respectivamente. Los porcentajes de incidencia también son bajos de 5.8% y 5% (Tabla 2).

Las densidades poblacionales promedio son bastante bajas respecto al umbral de daño citado anteriormente. Sin embargo, esto no debe significar ignorar cualquier síntoma observado relacionado con este nematodo, porque en densidades altas pueden ocasionar hasta la muerte de la planta. Por otro lado, Perry y Moens, (1994), afirman que la mayor parte de su alimentación tiene lugar en los ápices de las raíces, dando lugar a un sistema radicular con aspecto desordenado, por lo que se le denomina “escoba de bruja”, teniendo en consideración estos daños específicos, al momento de realizar el muestreo en campo, es necesario observar para tener en cuenta si las raíces presentan estas características.

Densidad poblacional del género *Globodera*

Se observa la presencia de *Globodera* spp. en los distritos de Chupa, Cuyocuyo y Sandia con densidades poblacionales de 44.4, 25.9 y 17.8 quistes/100 cm³ de suelo respectivamente (Figura 7). Los demás distritos evaluados no mostraron incidencia de este género (Tabla 2).



Figura 7: Densidad poblacional del género *Globodera* en el cultivo de maíz de la región Puno

La presencia del género *Globodera* en las muestras colectadas de Chupa, Cuyocuyo y Sandia, se debe principalmente a que la mayoría de productores realizan rotación de cultivos con papa, cultivo que es hospedero conocido de este nematodo; y de acuerdo con Franco (1994), quien señala que este género

puede permanecer en el suelo por períodos de hasta 15 años en ausencia del cultivo hospedante, corroborando lo mencionado por el autor, de acuerdo a los resultados obtenidos, este género sigue presente en muestras de suelo de maíz.

Es importante mencionar que, el cultivo de maíz no es considerado hospedero de *Globodera*, por tanto, el agricultor al realizar rotación de cultivos con esta gramínea, lo que está evitando; es que aumenten las densidades poblacionales de este nematodo.

Globodera spp. está presente en los dos distritos evaluados de la región Cusco, con densidades poblacionales de 35.8 y 15.5 quistes/100 cm³ de suelo en Pisac y Urubamba respectivamente. El porcentaje de incidencia mayor es de 100% (Tabla 2).

En los lugares evaluados existe presencia de este género porque la mayoría de productores encuestados realizan rotación de cultivos con papa.

Densidad poblacional del género *Rotylenchus*

Rotylenchus spp. se encuentra presente con mayor densidad poblacional (15.1 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) en el distrito de San Juan del Oro (Figura 8); también se puede observar densidades poblacionales semejantes de 4.4 y 1.5 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en San Gabán y Cuyocuyo respectivamente. Los distritos de Chupa, Sandia, Ayapata y Ollachea no mostraron presencia de este género.



Figura 8: Densidad poblacional del género *Rotylenchus* en el cultivo de maíz de la región Puno

En el caso de este género, no existe información precisa sobre el umbral de daño de este género en relación al cultivo de maíz, sin embargo, Bayer (2007), especifica que entre los principales cultivos que afecta *Rotylenchus* se encuentra el maíz, por tanto, es necesario mantener las densidades poblacionales bajas para evitar pérdidas en la producción. Por otro lado, Robinson (1997), señala que este nematodo se encuentra distribuido en regiones tropicales y subtropicales. En relación a lo mencionado por los autores, se encontró presencia de este género en los distritos de San Juan del Oro, San Gabán y Cuyocuyo, que tienen climas tropicales y subtropicales, con temperaturas medias mayores a 14°C y humedad relativa mayores a 86%, estos resultados corroboran la presencia de este nematodo.

Densidad poblacional del género *Dorylaimus*

El género *Dorylaimus* spp. está presente solo en el distrito de Sandia, con densidades poblacionales de 0.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo. La incidencia es de 7.7%. En los demás distritos no hubo presencia de este nematodo (Tabla 1).

En relación al umbral de daño, A & L GREAT Lakes Laboratories (2009), menciona que este nematodo no se considera dañino a menos que esté presente en densidades poblacionales altas, por encima de 100 individuos/100 cm³ de suelo. De acuerdo a nuestros resultados, en el único distrito que hubo presencia de especímenes de este género, es en Sandia y sus densidades poblacionales son muy bajas, por lo que no se considera perjudicial para el desarrollo de la planta de maíz. La presencia de este género, se debe principalmente a que este nematodo se encuentra con mayor frecuencia en suelos húmedos, esta afirmación es corroborada por Mulvey y Anderson (1979) y Jiménez-Guirado (1988), quienes mencionan que, estos nematodos se establecen mejor en suelos con bastante humedad, además que tienen hábitos omnívoros, es decir, se alimentan tanto de animales como vegetales, por lo que es necesario mantener bajas poblaciones.

Densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre

Los nematodos de vida libre se encuentran presentes en todos los distritos en evaluación con densidades poblacionales mayores en Sandia (53.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo), de igual manera en los distritos de Ayapata y San Gabán, mostraron densidades promedio de 35.6 y 32.3 individuos juveniles/100 cm³ de suelo respectivamente, se presentaron densidades poblacionales más bajas en Ollachea, Cuyocuyo, Chupa y San Juan del Oro (27.1, 26.4, 25.91 y 25.6 individuos juveniles/100 cm³ de suelo) (Figura 9). Con incidencia mayor de 100% (Tabla 1).



Figura 9: Densidad poblacional promedio de Nematodos de Vida Libre en el cultivo de maíz de la región Puno

De acuerdo a Bello *et al.* (2003), estos nematodos de vida libre nos permiten determinar las condiciones en las que se encuentra el agroecosistema, es decir, mayores densidades poblacionales son un indicador del buen estado productivo del suelo. Sin embargo, hay distritos que presentaron densidades poblacionales bajas, esto debido a que tienen predominancia de suelos arenosos y arcillosos, donde los agricultores probablemente no incorporan materia orgánica, pero quizá utilizan algún fertilizante que por un lado aporta nutrientes a la planta, pero al mismo tiempo abre el paso para el establecimiento de otros nematodos fitoparásitos y reduce las densidades de estos nematodos de vida libre, ya que según Yeates y Bonger (1999); Lavelle y Spain (2001) mencionan que los NVL son responsables de la descomposición,

mineralización y flujo de nutrientes en el suelo, además de regular poblaciones de hongos y bacterias. Por lo tanto, las bajas densidades poblacionales hacen que otros nematodos fitoparásitos de importancia agrícola puedan establecerse y causar pérdidas en la producción.

Los nematodos de vida libre se encuentran presentes en densidades poblacionales promedio de 32.1 y 23.4 individuos juveniles/100 cm³ de suelo en los distritos de Urubamba y Pisac respectivamente. Se presentó incidencia de 100% en todos los distritos evaluados (Cuadro 2).

De acuerdo con Ferris, (2010), quien menciona que los NVL se encuentran prácticamente en todos los medios y su abundancia está en relación con la presencia de materia orgánica; esto confirma la presencia de estos organismos en los distritos de Urubamba y Pisac, ya que los agricultores incorporan materia orgánica al suelo cultivado según lo manifestado en las encuestas.

CONCLUSIÓN

La densidad poblacional de los nematodos fitoparásitos *Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*, se encuentran presentes en todas las áreas. Sin embargo los géneros *Rotylenchus*, *Globodera*, *Dorylaimus* se encuentran debajo del 50% de incidencia, además de verificarse la presencia de nematodos de vida libre en 100%.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a Innovate Peru (Ministerio de la producción) por el financiamiento mediante el proyecto titulado: "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 346-PNICP-BRI-2015.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A & L Great Lakes Laboratories (2009). Soil Nematodes. Fact Sheet N. 37. (Consultado el 05-05-2017). Disponible en URL: <https://algreatlakes.com>.
- Bayer, (2007). Problemas biológicos; *Rotylenchus* spp. [En línea]: Bayer CropScience, (Consultado el 12/05/2017). Disponible en URL: http://www.bayercropscience.com/pls/web_bayer/inicio.
- Bello, A., López Pérez, J. A. y García, A. A. (2003). Biofumigación en agricultura extensiva de regadío. Fundación Ruralcaja-Mundi Prensa, Alicante, 670.
- Blair, J. M. (1996). Soil invertebrates as indicators of soil quality. In *Methods for Assessing soil quality*, SSSA Special Publication v.49: 273-291.
- Cepeda, S. M. (1996). *Nematología agrícola*. Ed. Trillas. México, 303.
- Coolen, W. y D'herde (1972). A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. *State Agricultural Research Centre*, 77.
- Consejo Internacional de cereales, (2017). (Consultado el 18-10-2015). Disponible en URL: <http://www.igc.int/es/>.
- Coyne, D., Nicol, J., y Claudius-Cole, B. (2007). *Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio*. Instituto Internacional de Agricultura y el Centro Internacional de Mejora del Maíz y trigo. Cotonou, Benin. 82.
- Ferris, H. (2010). Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web. *Journal of Nematology*. v.42, 1: 63-67.
- 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 en la region andina. *Nematopica*. 24: 179-195.
- Grabau, Z. J. y Vann, C. (2017). Management of Plant-Parasitic Nematodes in Florida Field Corn Production, 8.

- 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.
- Jiménez-Guirado, D. (1988). Especies de *Dorylaimus Dujardin 1845* (Nematoda) del sur de España. 7p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) (2016). Producción Nacional. Informe Técnico N° 02.
- Jenkins, W. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant disease reporter*, v. 48: 692.
- Lavelle, P. y Spain, A. V. (2001). *Soil Ecology*. Netherlands: Kluwer. 654 p.
- Luc, M., Sikora, R. y Bridge, J. (2005). *Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd Edition, 871.
- Maluenda, G. J. (2015). Máximos Históricos en Producción, Consumos y Stocks en Maíz. Consejo Internacional de Cereales. Boletín Informativo. Madrid-España. 9.
- 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 (2014). Maíz amiláceo. Perú un campo fértil para sus inversiones y el desarrollo de sus exportaciones (Consultado el 18-10-2015). Disponible en URL : http://www.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manales_boletines/maiz-amilaceo/maiz_amilaceo12.pdf.
- Mulvey, R. H. y Anderson, R. V. (1979). Benthic species of *Dorylaimus Dujardin 1845* (Nematoda: Dorylaimidae) and *Artidorylaimus* n. gen. (*Arctidorylaimidae* n. fam.) from the Mackenzie and Porcupine river systems, Northwest territories, Canada. *Can. J. Zool.* v. 57:743-755.
- Perry, R. y Moens, M. (2014). *Plant Nematology*. USA: UK by Biddles Ltd, King's Lynn, 463p.
- Robinson, A. (1997). *Rotylenchus species: Identification, Distribution, Host Ranges, and crop plant resistance*. *Nematropica*, Vol. 27, No. 2. 128-171 p.
- Rosa, J. M. O., Westerich, J. N., Wilcken, S. R. S. (2012). Reação de híbridos e cultivares de milho a *Meloidogyne enterolobii* e *M. javanica*. *Nematologia Brasileira* 36:9-14.
- Serratos-Hernández, J. A. (2009). El Origen y la diversidad del maíz en el continente Americano. *Greenpeace*. Mexico. 36.
- Siddiqi, M. R. (2000). Morphological characters and taxonomic methods. In: *Tylenchide parasites of plant and insects*. Second edition. CAB Internacional. UK.
- Tihohod, D. (2000). *Nematología Agrícola Aplicada*. Jaboticabal-Brasil. FAPESP, 472.
- Tylka, G. L. (2007). *Integrated crop management*. Iowa State University. University Extension. IC-498.
- Tylka, G. L. Sisson, A. J., Jesse, L. C., Kennicker, J., and Marett, C. C. (2011). Testing for plant-parasitic nematodes that feed on corn in Iowa 2000-2010. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2011-1205-01-RS.
- Yeates, G. W. y Bongers, T. (1999). Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* v.174: 113-135.