

Nemátodos asociados a malezas en San Lorenzo, Paraguay

Nematodes associated with weeds in San Lorenzo, Paraguay

Jazmín Yerutí Mongelós-Franco^{1,*}, Nabila Nahir Duarte-Ovejero², Pedro Aníbal Vera-Ojeda²,
Laura Concepción Soilán-Duarte², Gabriela Giuliana Caballero-Mairesse^{1,3} y Guillermo Andrés
Enciso-Maldonado¹

¹ Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT). Ruta PY 6 Juan León Mallorquín, Hohenau, Paraguay. CP 6290.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA). Av. Mcal. López 3492 c/ 26 de febrero, San Lorenzo, Paraguay. CP 2160.

³ 3 Clínica Vegetal, Universidad San Carlos (USC). Alfredo Seiferheld 4989 esq. Roque González de Santa Cruz, Asunción, Paraguay. CP 1849.

* Autor para correspondencia: yeruti91@gmail.com

Fecha de recepción del manuscrito: 30/07/2020 Fecha de aceptación del manuscrito: 13/10/2022 Fecha de publicación: 29/12/2022

Resumen—Las malezas actúan como reservorio de nemátodos, incluso en temporadas libres de cultivo. Detectar estas asociaciones favorece la identificación y predicción de especies de nemátodos fitoparásitos y benéficos presentes en el suelo, los cuales pueden variar en función de las especies de malezas, de esta manera se podrían conocer nemátodos que potencialmente podrían afectar a futuros cultivos. El objetivo fue identificar géneros de nemátodos asociados a *Cenchrus echinatus*, *Acanthospermum hispidum*, *Ipomoea nil*, *Cyperus esculentus* y *Urochloa* sp., especies de malezas de ocurrencia más frecuente en parcelas de producción de cultivos en San Lorenzo, Paraguay. A partir de muestras de suelo de la rizósfera de cada especie de maleza, se realizó la extracción de nemátodos por el método de Cobb y flotación en azúcar, y se determinó la asociación mediante la identificación a nivel de género y cuantificación de los individuos de cada género. Se observó que el nemátodo más abundante fue *Tylenchus* (42%), el cual estuvo asociado a todas las especies de malezas estudiadas. El 32,5% correspondió a individuos del género fitoparásito *Aphelenchoides*, detectado en *A. hispidum*, *I. nil*, *C. esculentus* y *Urochloa* sp. Otros géneros fitoparásitos detectados fueron *Helicotylenchus* (7,1% de la población), *Dorylaimus* (4,7%), *Tylenchorhynchus* (1,6%) y *Hemicycliophora* (1,6%). Además, se identificaron dos géneros de nemátodos saprófagos: *Mononchus* (6,7% de la población) asociado a *C. echinatus*, *A. hispidum*, *I. nil* y *Urochloa* sp., y *Cephalobus* (3,9%), asociado a *C. echinatus* y *Urochloa* sp. Este es el primer estudio que aborda la asociación de nemátodos con especies de malezas en Paraguay.

Palabras clave—Nemátodos fitoparásitos, *Tylenchus*, *Aphelenchoides*, Plantas arvenses.

Abstract—Weeds act as a reservoir for nematodes, even in non-crop seasons. The detection of these associations can help to identify and predict the species of phytoparasitic and beneficial nematodes occurring in the soil, which may vary depending on the weed species, in this way, nematodes that potentially affect future crops could be known. The objective was to identify genera of nematodes associated with *Cenchrus echinatus*, *Acanthospermum hispidum*, *Ipomoea nil*, *Cyperus esculentus* and *Urochloa* sp., the most frequent weed species in crop production plots in San Lorenzo, Paraguay. The extraction of nematodes was carried out from soil samples of the rhizosphere of each weed species, by the Cobb method and flotation in sugar, and the association was determined by identification at the genus level and quantification of the specimens. The most abundant nematode found was *Tylenchus* (42%), which was associated with all weed species studied. 32.5% corresponded to specimens of the plant parasite genus *Aphelenchoides*, detected in *A. hispidum*, *I. nil*, *C. esculentus* and *Urochloa* sp. Other plant parasite genera detected were *Helicotylenchus* (7.1% of the population), *Dorylaimus* (4.7%), *Tylenchorhynchus* (1.6%) and *Hemicycliophora* (1.6%). In addition, two genera of saprophagous nematodes were identified: *Mononchus* (6.7% of the population) associated with *C. echinatus*, *A. hispidum*, *I. nil* and *Urochloa* sp., and *Cephalobus* (3.9%), associated with *C. echinatus* and *Urochloa* sp. This is the first study that explore the association of nematodes with weed species in Paraguay.

Keywords—Phytoparasitic nematodes, *Tylenchus*, *Aphelenchoides*, Weed plants.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de hospederos y su interacción con otros organismos patógenos propician que los nemátodos

sean capaces de limitar la productividad agrícola mundial (Moens et al. 2009). En este contexto, las malezas causan interferencias directas en los cultivos, limitando agua, luz, nutrientes y espacio, sin embargo, como hospederas, juegan

un papel importante en la ecología de los nemátodos, pues pueden mantener o elevar la densidad de población de estos en el suelo, principalmente entre cada ciclo productivo (Pereira-Braz *et al.* 2016; Ntidi *et al.* 2012; Bellé *et al.* 2017). Además de dificultar la implementación de medidas de manejo agronómicas eficientes, las malezas hospederas de nemátodos poseen otro aspecto problemático, pues en regiones tropicales y subtropicales, como el caso de Paraguay, tienen un vigoroso desarrollo durante todo el año, generando de forma continua nuevos individuos con grandes capacidades de albergar nemátodos (Pinheiro *et al.* 2019; Gharabadiyan *et al.* 2012). Previa investigación han demostrado la asociación de nemátodos y malezas, y en lo referente a América del Sur, Ferraz *et al.* (1978) abordaron por primera vez la perspectiva de la ecología de ciertas especies de nemátodos en asociación con malezas en Brasil, constatando que géneros de *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Xiphinema*, *Tylenchus*, *Trichodorus* y *Hemicycliophora* se asociaron a diversas especies de malezas instaladas en parcelas con hortalizas. Así mismo en Argentina, un estudio demostró que los géneros *Ditylenchus*, *Meloidogyne* y *Nacobbus* se asociaron a especies específicas de malezas (Doucet 1992).

López *et al.* (2021) detectaron la ocurrencia de los géneros *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Dorylaimus*, *Xiphinema* y *Aphelenchoides* asociados a malezas en áreas de producción orgánica en barbecho en Texas, Estados Unidos, importantes nemátodos fitoparásitos que podrían impactar económicamente a la región, ya que infestan a diversos cultivos importantes como cereales y algodón. Otro nemátodo fitoparásito importante que ha sido reportado en malezas es *Heterodera glycines*, el nemátodo del quiste de la soja, del cual Rocha *et al.* (2021) mencionan que existen 116 especies de malezas hospederas, 14 de ellas biotipos resistentes a herbicidas, y destacan que no solo reducen la eficacia del control, sino que también protegen a los nemátodos de los plaguicidas y de otros factores ambientales. El nemátodo de las agallas, *Meloidogyne incognita*, también ha sido asociado a malezas en varios cultivos, con una especial preferencia del nemátodo por la especie *Cyperus esculentus*, asociación que podría haber surgido de la coevolución de las dos especies parásitas en detrimento de los cultivos, por lo que es recomendable que las medidas de control sean dirigidas a ambos (Murray *et al.* 2011).

Se han reportado nemátodos fitoparásitos asociados a malezas en distintas especies cultivadas como banano y plátano (Quénéhervé *et al.* 2006; Casanueva-Medina *et al.* 2016), arroz (Anwar *et al.* 2009), algodón (Webster y Davis 2007), tomate (Gharabadiyan *et al.* 2012) y pasturas (Nogueira-Marques *et al.* 2019). La detección de estas asociaciones podría ser útil para predecir la composición de la población de nemátodos según las especies de malezas que componen la comunidad infestante en un área o cultivo determinado. Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la investigación fue determinar la asociación de nemátodos con las especies de malezas *Cenchrus echinatus*, *Acanthospermum hispidum*, *Ipomoea nil*, *Cyperus esculentus* y *Urochloa* sp., mediante la identificación y cuantificación de la población de nemátodos presentes en parcelas con ocurrencia de dichas malezas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campus de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), ubicado en la ciudad de San Lorenzo, Paraguay (25°20'10" sur, longitud 57°31'03" oeste, a 128 msnm), entre mayo y junio de 2017. Durante el periodo experimental se registró una precipitación de 111,75 mm, la temperatura media de 20,5 °C y la humedad relativa de 79,5 % (Pastén *et al.* 2017). La toma de muestras se realizó en tres parcelas demostrativas de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de aproximadamente 100 m² cada una, que cuentan con un largo historial de producción de soja, trigo, maíz, girasol, algodón, sésamo y abonos verdes, que en el momento de realizar la investigación se encontraban con seis meses de barbecho. El suelo de estas parcelas presenta una textura franco-arenosa, con 0,5 % de materia orgánica y 20 cm de profundidad.

Para determinar las especies de malezas predominantes en las parcelas de estudio, se realizó un análisis previo de la comunidad infestante por el método de cuadrados aislados, el cual consiste en lanzar un marco de madera de 0,25 m² al azar y cuantificar el número de especies que ocurren en esa superficie (Fuentes 1986). Una muestra estuvo compuesta de ocho lanzamientos del marco de madera. Este proceso fue repetido tres veces en cada parcela con la finalidad de obtener muestras representativas y reducir el error experimental. Con los datos obtenidos se calculó la densidad relativa (Carvalho 2013), que es el porcentaje de individuos de una especie de malezas con relación al total de individuos de la comunidad infestante, mediante la siguiente fórmula:

$$DeR = \frac{De}{\sum De} \times 100 \quad (1)$$

Donde *De* indica la densidad de una especie de maleza con relación al total de malezas cuantificadas, representadas por $\sum De$.

Una vez que se determinó la composición de población infestante, fueron seleccionadas las cinco especies predominantes de malezas, y se extrajeron tres submuestras de suelo de la rizósfera para cada maleza con una barrena, en forma aleatoria y en zigzag a una profundidad de 10 cm. Las submuestras fueron homogeneizadas para constituirse en una muestra de 500 cm³ aproximadamente, y fueron tomadas tres muestras por especie de maleza (Lopez-Nicora *et al.* 2021). Las mismas fueron remitidas al Laboratorio de Nematología de la FCA-UNA para identificar los géneros de nemátodos presentes y su abundancia.

La extracción de nemátodos se realizó por los métodos de decantación y tamizado (Cobb 1918) para separar los nemátodos del suelo a una fase líquida, y posteriormente se aplicó el método de flotación centrífuga en solución de sacarosa (Jenkins 1964) para la obtención de una muestra limpia, libre de coloides. De esta manera, fueron obtenidas tres submuestras líquidas de 100 ml para cada muestra de suelo. Para la cuantificación de nemátodos, se extrajo 1 ml de la suspensión obtenida, la cual fue depositada en una cuadrilla de conteo para la observación al microscopio.

La identificación de nemátodos se realizó a nivel de género mediante las claves taxonómicas de Thorne (1961) y Shurtleff y Averre (2000). Este proceso fue efectuado tres veces y se promedió la cantidad de individuos por cada género identificado, para cada muestra. El promedio obtenido

Tabla 1: Abundancia de nemátodos fitoparásitos y de vida libre en las malezas predominantes, abundancia total y proporción de nemátodos en San Lorenzo, Paraguay.

Nemátodo	<i>Cenchrus echinatus</i>				<i>Acanthospermum hispidum</i>				<i>Ipomoea nil</i>			
	A	SD	Min	Max	A	SD	Min	Max	A	SD	Min	Max
<i>Helicotylenchus</i>	133	117	30	260	ND	ND	ND	ND	267	40	220	290
<i>Dorylaimus</i>	400	181	210	570	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Tylenchus</i>	967	159	790	1100	1167	87	1070	1240	933	150	790	1090
<i>Aphelenchoides</i>	ND	ND	ND	ND	933	111	830	1050	1333	112	1210	1430
<i>Tylenchorhynchus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	133	6	130	140
<i>Hemicycliophora</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	133	15	120	150
<i>Mononchus</i>	133	121	30	267	167	58	130	233	133	15	120	150
<i>Cephalobus</i>	333	124	190	410	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Nemátodo	<i>Cyperus esculentus</i>				<i>Urochloa sp.</i>				AT	P	FO
	A	SD	Min	Max	A	SD	Min	Max			
<i>Helicotylenchus</i>	133	32	97	153	ND	ND	ND	ND	600	7,1	60
<i>Dorylaimus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	400	4,7	20
<i>Tylenchus</i>	200	92	100	180	367	12	360	380	3567	42,0	100
<i>Aphelenchoides</i>	267	40	120	190	233	15	220	250	2767	32,5	80
<i>Tylenchorhynchus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	133	1,6	20
<i>Hemicycliophora</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	133	1,6	20
<i>Mononchus</i>	ND	ND	ND	ND	133	36	93	160	567	6,7	80
<i>Cephalobus</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	333	3,9	20

A: Abundancia promedio de nemátodos fitoparásitos y de vida libre (número de individuos en 500 cm³ de suelo) detectada por especie de maleza. Se presentan además los valores de desviación estándar (SD), mínimo (Min) y máximo (Max).

ND: Nemátodo no detectado en la muestra de suelo de la maleza indicada.

AT: Abundancia total de individuos cuantificados de cada género de nemátodo.

P: Proporción de individuos de cada género de nemátodo en relación con el total de individuos cuantificados.

FO: Frecuencia de ocurrencia (%) de nemátodos en las especies de malezas.

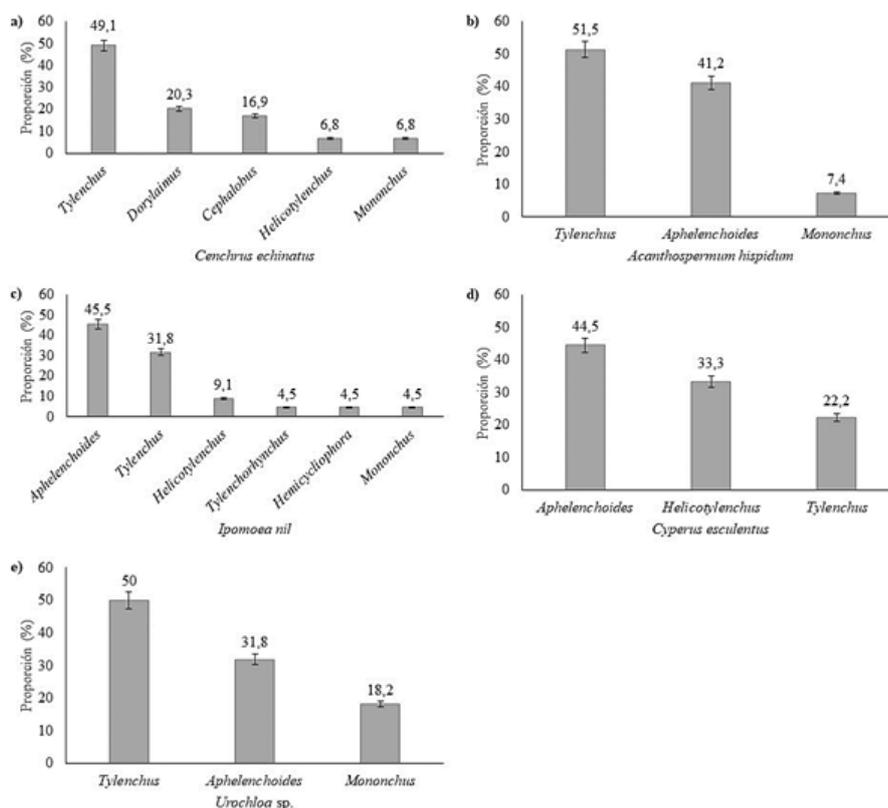


Fig. 1: Proporción (%) de nemátodos detectados en las diferentes malezas evaluadas: a) *Cenchrus echinatus*, b) *Acanthospermum hispidum*, c) *Ipomoea nil*, d) *Cyperus esculentus*, e) *Urochloa sp.*

se multiplicó por 100 para estimar la cantidad de individuos en 100 cm^3 de suspensión, lo que a su vez representa el número de individuos presentes en los 500 cm^3 de suelo de la muestra inicial. También fue calculada la frecuencia de ocurrencia (FO) de cada nemátodo mediante la fórmula de Norton (1978):

$$FO(\%) = \frac{N^\circ \text{ de muestras que contiene un género}}{N^\circ \text{ total de muestras}} \quad (2)$$

Se obtuvieron estadísticas descriptivas, que incluyen media, desviación estándar, valores mínimos y máximos para la abundancia de nemátodos, la abundancia total y la proporción de nemátodos detectados por especie de maleza, utilizando el programa Microsoft Excel® del paquete Office 2021.

RESULTADOS

Las especies de malezas predominantes detectadas fueron *Cenchrus echinatus* (28,7%), *Acanthospermum hispidum* (25,9%), *Ipomoea nil* (16,5%), *Cyperus esculentus* (12,3%) y *Urochloa* sp. (7,6%), en las cuales fueron identificados seis géneros de nemátodos fitoparásitos (*Helicotylenchus*, *Dorylaimus*, *Tylenchus*, *Aphelenchoides*, *Tylenchorhynchus*, *Hemicyclophora*) y dos de vida libre (*Mononchus*, *Cephalobus*). La asociación entre las diferentes especies de malezas con los géneros de nemátodos identificados fue variable. La proporción de cada género de nemátodo varió para cada maleza (Tabla 1).

Se observó que el nemátodo más abundante fue *Tylenchus* (42%), el cual fue el único que se encontró asociado a todas las especies de malezas estudiadas. Seguidamente, con una proporción del 32% se detectó a *Aphelenchoides* en *A. hispidum*, *I. nil*, *C. esculentus* y *Urochloa* sp. Los demás géneros identificados en este trabajo aparecieron en una proporción menor al 7,1%. En las especies *C. echinatus* e *I. nil* se detectaron cinco y seis géneros de nemátodos asociados, respectivamente, mientras que las especies *A. hispidum*, *C. esculentus* y *Urochloa* sp. se asociaron con tres géneros de nemátodos (Figura 1).

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio en donde se explora la asociación entre nemátodos fitoparásitos y de vida libre con especies de malezas en Paraguay. Estudios previos sugieren que los nemátodos fitoparásitos se encuentran asociados a determinadas especies de malezas en agroecosistemas de Argentina (Doucet 1992), Brasil (Pereira-Braz *et al.* 2016; Bellé *et al.* 2017; Ferraz-Ramos *et al.* 2019; Nogueira-Marques *et al.* 2019), Perú (Lima-Medina *et al.* 2018), Cuba (Casanueva-Medina *et al.* 2016), Venezuela (Lugo *et al.* 2007), Francia (Quénehervé *et al.* 2006), Sudáfrica (Ntidi *et al.* 2012) y Pakistán (Anwar *et al.* 2009).

C. echinatus, *A. hispidum* e *I. nil* fueron las especies de malezas de mayor prevalencia en las parcelas evaluadas, las cuales tienen una amplia distribución en Paraguay, abarcando los departamentos de Caazapá, Canindeyú, Central, Cordillera, Guairá e Itapúa en la Región Oriental, importantes zonas agrícolas del país (Egea-Elsam *et al.* 2018). Entre ellas, *C. echinatus* ya ha sido reportada en Paraguay como hospedero

alternativo del hongo fitopatógeno *Pyricularia pennisetigena*, agente causal del tizón de la hoja en cereales (Cazal-Martínez *et al.* 2021). Recientemente, Lopez-Nicora *et al.* (2022) reportaron nueve géneros de nemátodos (*Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Hoplolaimus*, *Xiphinema*, *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus*, *Criconemella*, *Tylenchidae* y *Rotylenchulus*) en campos que se encontraban en barbecho por un periodo de seis meses en varias localidades de Paraguay, sin embargo, no dan detalles de la población de malezas existente en estos campos. Además, estos autores indican que existe una relación negativa entre el contenido de materia orgánica del suelo con la abundancia de nemátodos de vida libre y positiva con nemátodos fitoparásitos, lo que coincide con lo observado en este trabajo, donde el contenido de materia orgánica del suelo de las parcelas estudiadas es bajo (0,5%) y la población de nemátodos más abundante es la de los fitoparásitos, por encima de los de vida libre.

La importancia de conocer los géneros de nemátodos que se encuentran asociados a especies de malezas reside en que permite conocer el potencial riesgo que podría existir durante la producción de determinados cultivos en una parcela. Nemátodos como *Helicotylenchus*, *Tylenchus* y *Tylenchorhynchus* pueden afectar a una amplia gama de hospederos, incluidas hortalizas como el tomate (Rybarczyk-Mydłowska *et al.* 2019), fresa (Robles y Moreno 2011), pimiento, lechuga, patata y zanahoria (Valiente 2010), cereales como maíz (Lima-Medina *et al.* 2018), arroz (Guzmán-Hernández *et al.* 2011) y trigo (Laasli *et al.* 2022), oleaginosas como soja (Kirsch *et al.* 2016) e incluso en cultivos perennes como la yerba mate (Caballero-Mairesse *et al.* 2021), todos cultivos de importancia económica en Paraguay. Por otro lado, no se detectó al género *Meloidogyne*, el cual fue reportado como el nemátodo más abundante y asociado a las principales hortalizas cultivadas y en suelos en barbecho en Paraguay (Lopez-Nicora *et al.* 2022), y que es capaz de reducir el rendimiento de los cultivos hasta un 70% (Ravichandra 2014).

Es recomendable dar continuidad a este trabajo para determinar la distribución de nemátodos asociados a las principales malezas de los cultivos agrícolas más importantes de Paraguay, en más puntos geográficos del país, con la finalidad de determinar la dinámica poblacional de los nemátodos y detectar asociaciones con hospederos no abordados en este estudio.

CONCLUSIONES

Se identificaron seis géneros de nemátodos fitoparásitos (*Helicotylenchus*, *Dorylaimus*, *Tylenchus*, *Aphelenchoides*, *Tylenchorhynchus*, *Hemicyclophora*) y dos de vida libre (*Mononchus*, *Cephalobus*) infestando a las especies *C. echinatus*, *A. hispidum*, *I. nil*, *C. esculentus* y *Urochloa* sp., malezas predominantes en parcelas agrícolas de San Lorenzo, Paraguay. Los nemátodos más abundantes fueron *Tylenchus* y *Aphelenchoides*, importantes géneros fitoparásitos que pueden impactar negativamente en el rendimiento de los cultivos. No se observó una asociación definitiva entre los nemátodos identificados con especies específicas de malezas, sin embargo, se pudo constatar que las malezas pueden actuar como hospederos alternativos de nemátodos en ausencia de cultivo. Se recomienda realizar más estudios para explorar la ocurrencia de nemátodos en un mayor rango de espe-

cies de malezas presentes en otras zonas de producción agrícola de Paraguay, para determinar potenciales asociaciones nemátodos-malezas específicas, y la interacción con el cultivo. Este es el primer estudio en Paraguay que aborda a las malezas como hospederos alternativos de nemátodos.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Maestría en Fitosanidad de la FCA-UNA, en el marco de las asignaturas Bioecología de Malezas y Nematología Agrícola, que permitió el desarrollo del presente estudio.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: JYMF y NNDO; Metodología: PAVO y LCSD; Análisis formal: JYMF; Investigación: JYMF, NNDO y GGCM; Redacción — preparación del borrador original: JYMF, NNDO y GGCM; Redacción — revisión y edición: GAEM; Visualización: GAEM. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Jazmín Yerutí Mongelós-Franco: JYMF; Nabila Nahir Duarte-Ovejero: NNDO; Pedro Aníbal Vera-Ojeda: PAVO; Laura Concepción Soilán-Duarte: LCSD; Gabriela Giuliana Caballero-Mairesse; GGCM; Guillermo Andrés Enciso-Maldonado: GAEM.

FINANCIAMIENTO

La investigación fue ejecutada con financiamiento propio e institucional (FCA-UNA).

REFERENCIAS

- Anwar, SA; Zia, A; Javed, N; Shakeel, Q. 2009. Weeds as reservoir of nematodes. *Pakistan Journal of Nematology*. 27(2): 145-153.
- Bellé, C, Kulczynski, S., Kaspary, TE; Kuhn, PR. 2017. Weeds as alternative hosts to *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*. 47(1): 26-33.
- Caballero-Mairesse, G; Resquín-Romero, G; Lugo, F; Gini, A; Alcázar, L; Cano, D; López-Nicora, HD. 2021. Distribución y abundancia de nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de yerba mate en Itapúa: un riesgo potencial e inminente. *Investigaciones y Estudios UNA*. 12(2): 11-27.
- Carvalho, LB. 2013. *Plantas Daninhas*. 1 ed. Santa Catarina, BR: Edición del autor. 82 p.
- Casanueva-Medina, K; Fernández-González, E; Tejada, M; Vidal, U; Paredes-Rodríguez, E. 2016. Malezas hospedantes de fitoparásitos en diferentes zonas productoras de banano y plátano en las provincias de Artemisa y La Habana. *Fitosanidad*. 20(3): 125-129.
- Cazal-Martínez, CC; Reyes-Caballero, YM; Chávez, A; Pérez-Estigarribia, PE; Rojas, A; Arrúa, A; Moura-Mendes, J; López-Nicora, HD; Kholi, MM. 2021. First report of leaf blight caused by *Pyricularia pennisetigena* on *Cenchrus echinatus* in Paraguay. *Plant Disease*. 105(11): 3758.
- Cobb, NA. 1918. Estimating the nema population of the soil, with special reference to the sugar-beet and root-gall nemas, *Heterodera schachtii* Schmidt and *Heterodera radicola* (Greef) Muller, and with a description of *Tylencholaimus aequalis* n. sp. *USDA Agricultural Technical Circular*. 1: 1-47.
- Doucet, M. 1992. Asociaciones entre nemátodos fitófagos y malezas en la República Argentina. *Agriscientia*. 9 (2): 103-112.
- Egea-Elsam, J; Mereles, F; Céspedes, G. 2018. *Malezas comunes del Paraguay: manual de identificación*. 1 ed. Asunción, PY: Pefaur Comunicaciones. 395 p.
- Ferraz, LC, Pitelli, RA; Furlan, V. 1978. Nematoides associados a plantas daninhas na região de Jaboticabal, SP: Primeiro relato. *Planta Daninha*. 1(1): 5-11.
- Ferraz-Ramos, R; Kaspari, ET; Rubin-Balardin, R; Dalla-Nora, D; Antonioli, ZI; Bellé, C. 2019. Plantas daninhas como hospedeiras dos nematoides-das-galhas. *Revista Agronomia Brasileira*. 3: 1-3.
- Fuentes, C. 1986. Metodologías y técnicas para evaluar las poblaciones de malezas y su efecto en los cultivos. *Revista COMALFI*. 13: 29-50.
- Guzmán-Hernández, TJ; Hernández-Villalobos, S; Varela-Benavides, I; Durán-Mora, J; Montero-Carmona, W. 2011. Nemátodos fitoparásitos asociados al arroz en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 22 (1): 21-28.
- Gharabadiyan, F; Jamali, S; Yazdi, AA; Hasan-Hadizadeh, M; Eskandari, A. 2012. Weed hosts of root-knot nematodes in tomato fields. *Journal of Plant Protection Research*. 52(2): 230-234.
- Jenkins, WR. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*. 48(692).
- Kirsch, VG; Kulczynski, SM; Bauer-Gomes, C; Calderan-Bisognin, A; Gabriel, M; Bellé, C; Lima-Medina, I. 2016. Caracterização de espécies de *Meloidogyne* e de *Helicotylenchus* associadas a soja no Rio Grande do Sul. *Nemantropica*. 46(2): 197-208.
- Laasli, SE.; Mokrini, F.; Lahlali, R.; Wuletaw, T.; Paulitz, T.; Dababat, AA. 2022. Biodiversity of nematode communities associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) in Southern Morocco and their contribution as soil health bioindicators. *Diversity*. 14(194): 1-27.
- Lima-Medina, I; Bravo, RY; Aguilar-Gomez, MI. 2018. Nemátodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en las regiones de Puno y Cusco. *Journal of High Andean Research*. 20(1): 31-38.
- Lopez, HF; Pushpa-Soti, GB; Jagdale, PG; Racelis, A. 2021. Weeds as hosts of plant parasitic nematodes in subtropical agriculture systems. *Subtropical Agriculture and Environments*. 72: 1-6.
- López-Nicora, HD; Soilán-Duarte, LC; Caballero-Mairesse, GG; Grabowski-Ocampos, CJ; Enciso-Maldonado, GA. 2021. *Manual de nematología agrícola: bases y procedimientos*. Asunción, PY: Grupo Editorial Atlas. 90 p.
- Lopez-Nicora, H, Enciso-Maldonado, GA; Caballero-Mairesse, GG; Sanabria-Velázquez, AD; Armandans-Rojas, AJ; Soilán-Duarte, LC; Cristian Javier Grabowski-Ocampos, Resquin-Romero, GA; Colmán, AA; Pedrozo-Fleitas, LM; Valiente-Raidán, HN;

- Ramírez-Cardozo, FA; Ruiz-Zastrow, V; Cubilla-Andrada, MM. 2022. Distribution and abundance of nematodes in horticultural production in Paraguay. *Plant Health Progress* (ja).
- Lugo, Z; Crozzoli, R; Perichi, G; Medina, R; Castellano, G. 2007. Nemátodos fitoparasíticos asociados a plantas cultivadas y silvestres en el municipio miranda del estado Falcón, Venezuela. *Fitopatología*. 20 (1): 15-20.
- Moens, M; Perry, RN; Starr, JL. 2009. Meloidogyne species: a diverse group of novel and important plant parasites. In: Perry, RN; Moens, M; Starr, JL (Eds.). *Root-knot Nematodes*. Wallingford, UK: CABI Publishing. 17 p.
- Murray, L; Thomas, SH; Schroeder, J; Kreider, S; Ou, Z; Trojan, JM; Fiore, C. 2011. Modeling the root-knot nematode/nutsedge pest complex: perspectives from weed science, nematology and statistics. *Conference on Applied Statistics in Agriculture*. 121-158.
- Nogueira-Marques, B; Kobayashi, L; Oliveira-Arieira1, G; Faria, DA; Dallabrida-Avelino, AC; Gonçalves-Abreu, J; Alves-Martins, L; Silva-Moreira, GC; Días-Oliveira, L; Terzi, BG. 2019. Nematodes associated to tropical forages in pasture areas. *Journal of Experimental Agriculture International*. 36(4): 1-10.
- Norton, DC. 1978. Ecology of plant-parasitic nematodes. *Soil Science*. 127(1): 63.
- Ntidi, KN; Fourie, H; McDonald, AH; De Waele, D; Mienie, CM. 2012. Plant-parasitic nematodes associated with weeds in subsistence agriculture in South Africa. *Nematology*. 14(7): 875-887.
- Pastén, AM; Benítez, E; Rivero, R; Pastén, M; Benítez, MS. 2017. *Anuario Climatológico 2017: Estación Meteorológica de la UNA*. San Lorenzo, Paraguay: Centro Meteorológico de la Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción. 33 p.
- Pereira-Braz, GB.; Oliveira, RS; Constantin, J; Raimondi, RT; Ribeiro, LM; Gemelli, A; Takano, HK. 2016. Plantas daninhas como hospedeiras alternativas para *Pratylenchus brachyurus*. *Summa Phytopathologica*, 42(3): 233-238.
- Pinheiro, JB; Silva, GO; Biscaia, D; Macedo, AG; Correia, NM. 2019. Reaction of weeds, found in vegetable production areas, to root-knot nematodes *Meloidogyne incognita* and *M. enterolobii*. *Horticultura Brasileira*. 37(4): 445-450.
- Quénéhervé, P; Chabrierb, C; Auwerkerkena, A; Toparta, P; Martinya, B; Marie-Lucea, S. 2006. Status of weeds as reservoirs of plant parasitic nematodes in banana fields in Martinique. *Crop Protection*. 25: 860-867.
- Ravichandra, NG. 2014. *Horticultural nematology*. New Delhi: Springer India. 523 p.
- Robles H, JP; Moreno P, L. 2011. Densidad poblacional de nemátodos fitoparásitos en suelo de Irapuato, Guanajuato. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 29(2): 172-174.
- Rocha, LF; Gage, KL; Pimentel, MF; Bond, JP; Fakhouri, AM. 2021. Weeds hosting the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe): management implications in agroecological systems. *Agronomy*. 11(1): 146.
- Rybarczyk-Mydlowska, K; Dmowska, E; Kowalewska, K. 2019. Phylogenetic studies on three *Helicotylenchus* species based on 28S rDNA and mtCOI 526 sequence data. *Journal of Nematology*. 51: 1-17.
- Shurtleff, MC; Averre, CW. 2000. *Diagnosing plant diseases caused by nematodes*. New York, USA: APS Press. 189 p.
- Thorne, G. 1961. *Principles of Nematology*. New York, USA: McGraw-Hill. 292 p.
- Valiente, AR. 2010. *Nemátodos de plantas*. San Lorenzo, PY: Facultad de Ciencias Agrarias UNA. 121 p.
- Webster, TM; Davis, RF. 2007. Southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) affects common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference with cotton. *Weed Science*. 55(2): 143-146.