







Nota técnica / Technical note

Diversidad y distribución de nematodos fitoparásitos en campos de golf en localidades de Baja California Sur, México

Diversity and distribution of plant parasitic-nematodes on golf courses in localities of Baja California Sur, Mexico

Diversidade e distribuição de nematóides fitoparasitários em campos de golfe em localidades de Baja California Sur, México

Omar Jorge Sánchez-Arce¹, Alejandro Palacios-Espinosa¹, José Armando Carillo-Fasio², Luis Guillermo Hernández-Montiel³, José Saúl Hernández-Rubio¹ y Mirella Romero-Bastidas^{1*}

¹Departamento Académico de Agronomía, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al sur km 5,5, Col. El Mezquitito. 23080, La Paz, Baja California Sur. México. Correo electrónico: (OS) omarjorge.fm@gmail.com, ; (AP) palacios@uabcs.mx ; (JH) saulhr@gmail.com, ; (MR) miromero@uabcs.mx . ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. Carretera Culiacán-Eldorado km 5.5, Culiacán, Sinaloa. Correo electrónico: acarrillo@uabcs.mx . ³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Calle Instituto Politécnico Nacional 195. Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz, Baja California Sur, México. Correo electrónico: lhernandez@cibnor.mx .

Resumen

El golf es un atractivo turístico en Baja California Sur (BCS), México. Sin embargo, la calidad de sus campos se demerita al presentar amarillamiento y muerte en césped. Los nematodos fitoparásitos son una de las principales limitantes alrededor del mundo. Sin embargo, en BCS, se desconoce su presencia. Con la finalidad de determinar la diversidad y distribución de fitonematodos en campos de golf en BCS, se colectaron muestras de suelo en cuatro campos. La extracción de nematodos fue mediante la técnica de embudo de Baerman. Los especímenes se

Recibido el 07-10-2020 • Aceptado el 29-01-2021

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: miromero@uabcs.mx

fijaron para la identificación de género y se cuantificó la población en cada zona. Se encontraron los géneros: *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconema*, *Xiphinema*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Hoplolaimus* y *Trichodorus* asociados a la muerte de césped con variaciones significativas ($p < 0,05$) en poblaciones. Estos resultados son los primeros registros de estos géneros en los campos de golf evaluados, útiles para el desarrollo de estrategias de control en el Estado.

Palabras clave: *Meloidogyne*, *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Cynodon dactylon*, césped bermuda, identificación.

Abstract

Golf is a tourist attraction in Baja California Sur (BCS), Mexico. However, the quality of its fields is detracted by presenting yellowing and death on turfgrass. Plant parasitic nematodes are one of the main limitations around the world. However, in BCS, its presence is unknown. In order to determine the diversity and distribution of phytonmatodes in golf courses in BCS, soil samples were collected in four courses. Nematode extraction was done using the Baerman funnel technique. Specimens were identified at the genus level and the population in each zone was quantified. The genera *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconema*, *Xiphinema*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Hoplolaimus* and *Trichodorus* were associated with the death of turfgrass with significant variations ($p < 0.05$) in populations. These results are the first records of these genera in the golf courses evaluated, useful in the development of in the State.

Keywords: *Meloidogyne*, *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Cynodon dactylon*, bermuda turfgrass, identification.

Resumo

O golfe é uma atração turística na Baja California Sur (BCS), no México. No entanto, a qualidade de seus campos é prejudicada por apresentar amarelecimento e morte na grama. Os nematóides parasitas de plantas são uma das principais limitações em todo o mundo. No entanto, em BCS, sua presença é desconhecida. A fim de determinar a diversidade e distribuição de fitonmátodos em campos de golfe no BCS, amostras de solo foram coletadas em quatro campos. A extração de nematóides foi feita por meio da técnica de funil de Baerman. Os espécimes foram identificados em nível de gênero e a população em cada zona foi quantificada. Os gêneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconema*, *Xiphinema*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Hoplolaimus* e *Trichodorus* foram associados à morte de gramíneas com variações significativas ($p < 0,05$) nas populações. Esses resultados são os primeiros registros desses gêneros nos campos de golfe avaliados, úteis no desenvolvimento de estratégias de controle no Estado.

Palavras-chave: *Meloidogyne*, *Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Cynodon dactylon*, grama bermuda, identificação.

Introducción

El golf es un deporte que genera inversión, turismo y economía en el ámbito mundial. México es uno de los principales países de la industria del golf con 200 campos, distribuidos en 31 estados de la República mexicana, con una ganancia cercana a 419 millones de dólares (SECTUR, 2019). En los campos de golf la calidad del césped es importante en el desarrollo de este deporte. Los nematodos fitoparásitos son una limitante que afecta significativamente la calidad y sanidad del césped en los campos de golf (Bojang *et al.*, 2019). Estos fitoparásitos atrofan el sistema radical y originan clorosis al follaje, ocasionando daños alrededor del mundo por 80 mil millones de **dólares** al año (Zeng *et al.*, 2017). Los principales nematodos que se asocian al césped son *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Anguina*, *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Trichodorus*, *Hoplolaimus*, *Belonolaimus*, entre otros (Crow y Luc, 2014). La incidencia de éstos géneros en césped ha sido reportada en Estados Unidos (Allan-Perkins *et al.*, 2017), Sudáfrica (Swart *et al.*, 2000), Argentina (Chaves y Torres, 2000), entre otros. En México son escasos los estudios sobre la identificación y daño ocasionado al césped de los campos de golf debido a nematodos fitoparásitos (García-Munguía *et al.*, 2017). Sus síntomas generalmente son confundidos con los ocasionados por hongos fitopatógenos (Wheeler *et al.*, 2019). Por lo tanto, realizar estudios sobre población, mapas de distribución y diagnóstico morfológico

Introduction

Golf is a sport that generates investment, tourism and economy worldwide. Mexico is one of the main countries of the golf industry with 200 courses, distributed in 31 states of the Mexican Republic, with a profit close to 419 millions of dollars (SECTUR, 2019). On the golf courses, the quality of the grass is important in the development of this sport. Plant-parasitic nematodes are a limitation that significantly affects the quality and health of the grass in golf courses (Bojang *et al.*, 2019). These phytoparasites stunt the root system and cause chlorosis to the foliage, causing damages around the world of 80 billion dollars per year (Zeng *et al.*, 2017). The main nematodes that are associated to the grass are *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Anguina*, *Criconemella*, *Helicotylenchus*, *Trichodorus*, *Hoplolaimus*, *Belonolaimus*, among others (Crow and Luc, 2014). The incidence of these genera has been reported in United States (Allan-Perkins *et al.*, 2017), South Africa (Swart *et al.*, 2000), Argentina (Chaves and Torres, 2000), among others. In Mexico, studies about the identification and damage caused to the grass of golf courses due to phytoparasitic nematodes, are scarce (García-Munguía *et al.*, 2017). Their symptoms are usually confused with those caused by plant pathogenic fungi (Wheeler *et al.*, 2019). Therefore, realize population studies, distribution maps and morphological diagnosis of phytoparasitic nematodes are the starting point to develop effective control programs that help to minimize

de los nematodos fitoparásitos, constituyen el punto de partida para desarrollar programas efectivos de control que ayuden a minimizar la aplicación de agroquímicos, así como la contaminación ambiental y la eliminación de fauna y flora benéfica del suelo (Steilmann *et al.*, 2019). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la diversidad y distribución de nematodos fitoparásitos asociados a césped de campos de golf, municipios Los Cabos y La Paz, estado Baja California Sur, México.

Materiales y métodos

Sitio de muestreo e identificación de nematodos fitoparásitos: La investigación se realizó en febrero de 2019, en el municipio de Los Cabos (22°52'52"N-109°54'49"O) y La Paz (24°08'32"N 110°18'39"O), pertenecientes al estado de Baja California Sur, México. Los nematodos se obtuvieron a partir de muestras de suelo en cuatro campos de golf (Z1, Z2, Z3 y Z4), cultivados con césped bermuda (*Cynodon dactylon* L.) representando 22% de los campos en el Estado. En cada campo, se tomaron 10 muestras (N=40) de suelo en áreas de césped con síntomas de amarillamiento a 20 cm de profundidad, muestreados en un patrón de zig-zag (Zeng *et al.*, 2012a). Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno (4 kg) y se trasladaron al laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y 24 h después fueron procesadas. Los nematodos se extrajeron de 100 cm³ de

the application of agrochemicals, as well as environmental contamination and the elimination of beneficial soil flora and fauna (Steilmann *et al.*, 2019). Therefore, the objective of the present study was to determine the diversity and distribution of phytoparasitic nematodes associated with golf course grass, Los Cabos and La Paz municipalities, Baja California Sur state, Mexico.

Materials and methods

Sampling place and identification of plant-parasitic nematodes: The research was conducted in February 2019, in Los Cabos (22°52'52" N-109°54'49" O) and La Paz (24°08'32"N 110°18'39"O) municipalities, belonging to the state of Baja California Sur, Mexico. The nematodes were obtained from soil samples in four golf courses (Z1, Z2, Z3 and Z4), cultivated with Bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.) representing the 22% of the courses in the State. In each course, 10 samples were taken (N=40) from the soil in areas of grass with yellowing symptoms at 20 cm depth, sampled in a zig-zag pattern (Zeng *et al.*, 2012a). The samples were placed in polyethylene bags (4 kg) and were transferred to the Phytopathology laboratory of the Autonomous University of Baja California Sur and 24 h later were processed. Nematodes were extracted from 100 cm³ of soil, using the Baermann funnel technique (Baermann, 1917). After 48 h, the nematodes recovered, were observed and quantified under the

suelo, mediante la técnica de embudo de Baermann (Baermann, 1917). 48 h después, los nematodos recuperados se observaron y cuantificaron bajo microscopio óptico (Labomed CxL), siguiendo el procedimiento de Fleming *et al.* (2016). La identificación se realizó a nivel de género, determinando las principales características morfológicas tales como: forma del cuerpo, presencia y forma del estilete, forma de la cola y posición de la vulva (Siddiqi, 2000; Zeng *et al.*, 2012b). La distribución de los géneros en las zonas evaluadas se registró al georeferenciar cada punto de muestreo.

Densidad poblacional y frecuencia de ocurrencia de nematodos en suelo: La frecuencia de ocurrencia se obtuvo con el número de campos infestados con un género entre el número de campos evaluados expresado en porcentaje (%) (Zeng *et al.*, 2012a). El número total de nematodos fitoparásitos por muestra, se determinó al cuantificar las poblaciones de nematodos, bajo una placa de recuento y tomar una media de 5 recuentos en cada caso. Los datos se expresaron como el número de nematodos en 100 cm³ de suelo (Zeng *et al.*, 2012a) y se analizaron mediante la prueba de comparación de medias con Tukey ($p < 0,05$), utilizando el programa SAS 10,0 para Windows[®] (SAS[®] Inc., 2011).

Resultados y discusión

Identificación y distribución de nematodos: Se identificaron ocho géneros en los cuatro campos de golf muestreados (figura 1), correspondientes

optical microscope (Labomed CxL), following the procedure by Fleming *et al.* (2016). The identification was realized at genus level, determining the main morphological characteristics such as: body shape, presence and shape of the stipe, shape of the tail and position of the vulva (Siddiqi, 2000; Zeng *et al.*, 2012b). The distribution of genera in the evaluated areas was recorded by geo-referencing each sampling point.

Population density and nematodes frequency occurrence in soil: The frequency occurrence was obtained with the number of infected courses with a genus between the numbers of courses evaluated expressed in percentage (%) (Zeng *et al.*, 2012a). The total number of plant-parasitic nematodes per sample was determined by quantifying the nematode populations under a counting plate and taking an average of 5 counts in each case. Data were expressed as the number of nematodes in 100 cm³ of soil (Zeng *et al.*, 2012a) and were analyzed by Tukey's mean comparison test ($p < 0.05$), using SAS 10.0 for Windows[®] (SAS[®] Inc., 2011).

Results and discussion

Identification and distribution of nematodes: Eight genera were identified on four golf courses sampled (figure 1), corresponding to *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconema*, *Xiphinema*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Hoplolaimus* and *Trichodorus*. Crow and Luc (2014), pointed out that these genera represent to the key phytoparasites

a *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Criconea*, *Xiphinema*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Hoplolaimus* y *Trichodorus*. Crow y Luc (2014), señalaron que éstos géneros representan a los fitoparásitos clave de césped y se han reportado en Estados Unidos (Jagdale *et al.*, 2020), Korea (Mwamula *et al.*, 2020), Nigeria (Nzeako *et al.*, 2016), Brasil (Azevedo de Oliveira *et al.*, 2018) y Malasia (Bojang *et al.*, 2019). Para México, este es el primer reporte sobre fitonematodos asociados a césped bermuda en campos de golf. La distribución de los nematodos se concentró significativamente en la zona 3 y 4, siendo *Meloidogyne* y *Hoplolaimus* los de mayor distribución. Estos resultados coinciden con los reportados por McClure y Schmitt (2013), quienes señalaron a *Hoplolaimus* y *Meloidogyne* como fitoparásitos primarios de césped en el Este y Sur de Estados Unidos. Así mismo, Fleming *et al.* (2016), registraron a *Meloidogyne* como el de mayor distribución en pastos y cereales en Irlanda del Norte.

Densidad poblacional y frecuencia de ocurrencia: La población y ocurrencia de nematodos varió significativamente ($p < 0,05$) entre las zonas muestreadas (cuadro 1). *Meloidogyne* registró mayor población y ocurrencia en la zona 4 y 3, seguido de la zona 2, en comparación con la zona 1. *Hoplolaimus* registró mayor población y ocurrencia en la zona 3 y 4, y difirió estadísticamente ($p < 0,05$) de las zonas 1 y 2. La ocurrencia y población de *Helicotylenchus* presentaron diferencias significativas entre las cuatro zonas. *Criconea*, solo presentó población en la zona 1. Así mismo, las poblaciones de *Pratylenchus* y *Trichodorus* fueron

de grass, and they have been reported in United States (Jagdale *et al.*, 2020), Korea (Mwamula *et al.*, 2020), Nigeria (Nzeako *et al.*, 2016), Brazil (Azevedo of Oliveira *et al.*, 2018) and Malaysia (Bojang *et al.*, 2019). For Mexico, this is the first report about phytonematodes associated with Bermuda grass on golf courses. The nematodes distribution was significantly concentrated in areas 3 and 4, being *Meloidogyne* and *Hoplolaimus* the most widely distributed. These results coincide with those reported by McClure and Schmitt (2013), who reported *Hoplolaimus* and *Meloidogyne* as primary phytoparasites of grass in the eastern and southern of United States. Likewise, Fleming *et al.* (2016) recorded *Meloidogyne* as the most widely distributed on grasses and cereals in Northern Ireland.

Population density and occurrence frequency: The population and the occurrence of nematodes varied significantly ($p < 0.05$) between the areas sampled (Table 1). *Meloidogyne* recorded higher population and occurrence in the area 4 and 3, followed by the area 2, compared to the area 1. *Hoplolaimus* recorded higher population and occurrence in the area 3 and 4, and it differed statistically ($p < 0, 05$) of the areas 1 and 2. The occurrence and population of *Helicotylenchus* presented significant differences between the four areas. *Criconea*, only presented population in the area 1. In the same way, the populations of *Pratylenchus* and *Trichodorus* were lower and were only identified

menores y solo se identificaron en la zona 4. *Xiphinema* registró poblaciones en las zonas 1 y 4, con diferencias significativas entre ellas. Así como *Tylenchus* en las zonas 2 y 4. Se ha establecido que el impacto de los nematodos en la planta es proporcional a su población en el suelo. Así mismo, Palomares-Ruiz *et al.* (2018), señalaron que poblaciones comúnmente bajas de nematodos se consideran parásitos de segunda clase, al causar *síntomas visuales* solo con poblaciones altas. Esta capacidad de causar daño se ve favorecida principalmente por factores edafoclimáticos y agronómicos como el monocultivo, las altas precipitaciones y los suelos arenosos (Janati *et al.* 2018).

in the area 4. *Xiphinema* recorded populations in the areas 1 and 4, with significant differences among them, as well as *Tylenchus* in the areas 2 and 4. It has been established that the nematodes impact on the plant is proportional to its population in the soil. Likewise, Palomares-Ruiz *et al.* (2018), pointed out that commonly low populations of nematodes are considered second-class parasites, by causing visual symptoms only with high populations. This ability to cause damage is mainly favored by edaphoclimatic and agronomic factors such as monoculture, high rainfall and sandy soils (Janati *et al.* 2018).

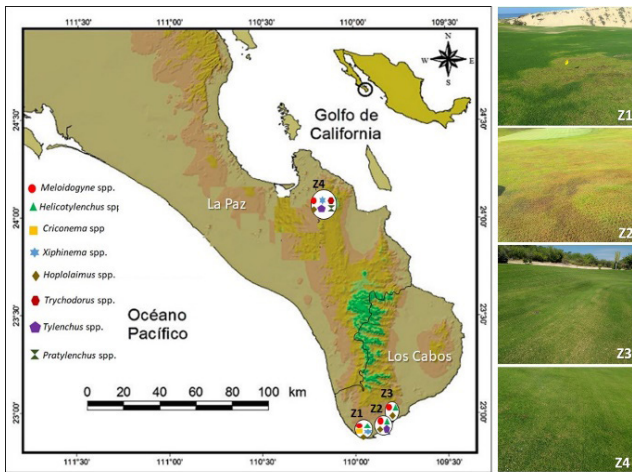


Figura 1. Mapa de distribución de los géneros de nematodos en césped (*Cynodon dactylon*), de campos de golf, municipios Los Cabos (Zona 1, 2, 3) y La Paz (Zona 4), Baja California Sur, México.

Figure 1. Distribution map of nematode genera in grass (*Cynodon dactylon*), of golf courses, Los Cabos (Zone 1, 2, 3) and La Paz (Zone 4) municipalities, Baja California Sur, Mexico.

Cuadro 1. Frecuencia de ocurrencia y población de fitonematodos en suelo de campos de golf, municipios Los Cabos (Z1, Z2, Z3) y La Paz (Z4), en Baja California Sur, México.

Table 1. Occurrence frequency and populations of phytonematodes in golf course soils, Los Cabos (Z1, Z2, Z3) and La Paz (Z4) municipalities, in Baja California Sur, Mexico.

Géneros	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4	
	FO	DP	FO	DP	FO	DP	FO	DP
<i>Meloidogyne</i>	60a	87d	70a	696c	100a	1,102b	100a	1,843a
<i>Hoplotaimus</i>	50a	12b	10b	0,8b	70b	76a	80ab	61,2a
<i>Helicotylenchus</i>	40ab	2,8b	30ab	33,6a	100a	27,2a	0	0b
<i>Criconema</i>	40ab	2,4a	0	0b	0	0b	0	0b
<i>Xiphinema</i>	10b	1,2b	0	0b	0	0b	50bc	20a
<i>Pratylenchus</i>	0	0b	0	0b	0	0b	20c	24,4a
<i>Trichodorus</i>	0	0b	0	0b	0	0b	90a	83,6a
<i>Tylenchus</i>	0	0b	10b	0,8b	0	0b	20c	28a

FO=Frecuencia de ocurrencia (%), DP=Densidad poblacional (nematodos/100 cm³ de suelo). Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (p<0,05).

FO= Occurrence frequency (%), DP= Population density (nematodes/100 cm³ of soil). Columns with different letters indicate significant differences according to Tukey's test (p<0.05).

Conclusión

Este es el primer registro de diversidad y distribución de géneros de nematodos fitoparásitos asociados a césped en campos de golf en Los Cabos y La Paz, BCS, México. Se sugiere continuar el estudio de diversidad de especies en otros campos de golf de la región, estimar el nivel de daño y el análisis costo-beneficio en prácticas de manejo.

Conclusion

This is the first record about diversity and distribution of phyt parasitic nematodes genera associated to grass on golf courses in Los Cabos and La Paz, BCS, Mexico. It is recommendable to continue the study of species diversity in other golf courses in the region, to estimate the level of damage and the cost-benefit analysis in management practices.

Literatura citada

Allan-Perkins, E., D. Manter, R. Wick, S. Ebdon and G. Jung. 2017. Nematode communities on putting greens, fairways, and roughs of organic and conventional cool-season golf courses. Appl. Soil Ecol. 121: 161-171.

End of English Version

Azevedo de Oliveira, S., C. Oliveira, C. Maleita, M. Silva, I. Abrantes and S. Wilcken. 2018. First report of *Meloidogyne graminis* on golf courses turfgrass in Brazil. Plos One. 13(2): 1-14.

- Baermann, G. 1917. Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. NTvG. 57: 131-137.
- Bojang, S., I. Abd Ghani, J. Kadir, A. Paiko S., Y. Iftikhar, and M. Kamran. 2019. Ultrastructural characterization of *Meloidogyne graminis* from golf course turf grasses in Peninsular Malaysia. Pak. J. Zool. 51(4): 1591.
- Chaves, E. y M. Torres. 2000. Nematofauna asociada a campos de golf en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Revista Fac. Agron. 20(3): 379-386.
- Crow, W. and J. Luc. 2014. Field efficacy of furfural as a nematicide on turf. J. Nematol. 46 (1): 8-11.
- Fleming, T., N. McGowana, A. Maulea and C. Fleming. 2016. Prevalence and diversity of plant parasitic nematodes in Northern Ireland grassland and cereals, and the influence of soils and rainfall. Plant Path. 65: 1539-1550.
- García-Munguía, C., M. Acosta-Ramos, O. Vázquez-Martínez, M. Pérez-Sato, A. García-Munguía, O. García-Munguía and A. García-Munguía. 2017. Morphological, molecular and pathogenic diagnostic of fungi in lawn's root and neck in Mexico. Phytom. 86: 258-264.
- Jagdale, G., E. Ali, S. Waliullah, A. Hajihassani, K. Martin and A. Martínez-Espinoza. 2020. First Report of the Spiral Nematode *Helicotylenchus microlobus* infecting *Paspalum vaginatum*, seashore paspalum turfgrass in Georgia, USA. Plant Dis. 104(10):1-3.
- Janati, S., A. Houari, A. Wifaya, A. Essarioui, A. Mimouni, A. Hormatallah, M. Sbaghi, A. A. Dababat y F. Mokrini. 2018. Occurrence of the root-knot nematode species in vegetable crops in Souss region of Morocco. Plant Pathol. J. 34(4): 308-315.
- McClure, M. A. and M. E. Schmitt. 2013. Root-knot nematodes parasitizing turfgrass in the Western United States. The University of Arizona, Tucson. Pp. 1-6.
- Mwamula, A., H. Na, Y. Kim, G. Han and D. Lee. 2020. Characterization of a new spiral nematode, *Helicotylenchus asiaticus* n. sp., and three known species from Korea; with comments on the validity of *Helicotylenchus microlobus* Perry in Perry, Darling & Thorne, 1959. Eur. J. Plant Pathol. 157: 565-581.
- Nzeako, S., H. Imafidor, E. Ogwumba and C. Ezenwaka. 2016. Vertical distribution of the lesion nematodes: *Pratylenchus* species in selected Turf fields in Rivers State, Nigeria. J. Agric. Vet. Sci. 9(7): 53-58.
- Palomares-Ruiz, J. E., C. Cantalapedra-Navarrete, A. Archidona-Yuste, N. Vovlas, E. A. Tzortzakakis and P. Castillo. 2018. Molecular and morphological characterization of the spiral nematode *Helicotylenchus oleae* Inserra, Vovlas & Golden, 1979 (Nematoda: Hoplolaimidae) in the Mediterranean Basin. Eur J Plant Pathol. 150: 881-891.
- SAS® Inc. 2011. SAS Statistical Analysis System. User's guide; Statistics 10.0. ed. Cary.
- SECTUR. Secretaría de Turismo (México). 2019. Resultados de la actividad turística 2019. Disponible en: [https://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2019-06\(ES\).pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2019-06(ES).pdf). Fecha de consulta: 05/04/2019.
- Siddiqi, M. 2000. Tylenchida-parasites of plants and insects. CABI Bioscience, Egham, UK, 848.
- Steilmann, P., N. Denardin, M. Raab, A. Menezes and A. Destefano. 2019. Detection and quantification of phytopathogenic bacteria in wheat seed. Nativa: Rev. Acad. Cienc. Agrár. Ambient. 7(4): 349-355.
- Swart, A., M. Marais and A. Schoeman. 2000. Plant nematodes in South Africa. 2: golf-course putting greens. Afr. Plant Prot. 6(1): 35-39.
- Wheeler, D., J. Scott, J. Dung and D. Johnson. 2019. Evidence of a trans-kingdom plant disease complex between a fungus and plant-parasitic nematodes. Plos One. 14(2): 1-16.

Zeng, J., Z. Zhang, M. Li, X. Wu, Y. Zeng and Y. Li. 2017. Distribution and molecular identification of *Meloidogyne* spp. parasiting flue-cured Tobacco in Yunnan, China. *Plant Protect. Sci.* 54:183-189.

Zeng, Y., W. Ye, L. Tredway, S. Martin and M. Martin. 2012b. Taxonomy and morphology of plant-parasitic nematodes associated with turfgrasses in North and South Carolina, USA. *Zootaxa.* 3452: 1-46.

Zeng Y., W. Ye, S. Martin, M. Martin and L. Tredway. 2012a. Diversity and occurrence of plant-parasitic nematodes associated with golf course turfgrasses in North and south Carolina, USA. *J. Nematol.* 44(4): 337-347.