

Identificación y dinámica poblacional de nemátodos fitoparásitos asociados a la halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) en el noroeste de México*

Identification and population dynamics of plant parasitic nematodes associated with the halophyte *Salicornia bigelovii* (Torr.) in northwest Mexico

Edgar Omar Rueda Puente^{1§}, Ramón Jaime Holguín-Peña², Pablo Preciado Rangel³, Manuel Fortis Hernández³, Luís Guillermo Hernández Montiel² y Francisco H. Ruiz Espinoza⁴

¹Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Blvd. Luis Encinas y Rosales, col. Centro. C. P. 23000, Hermosillo, Sonora, México. (erueda04@santana.uson.mx). ²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, México, C. P. 23090. (holpe04@cibnor.mx; lhernandez@cibnor.mx). ³Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro, A. P. 42, km 7.5, Torreón, Coahuila, México, C. P. 27070. (ppreciador@yahoo.com.mx; fortismanuel@hotmail.com). ⁴Universidad Autónoma de Baja California Sur. A. P. 19-B. La Paz, Baja California Sur. C.P. 23080, México. (fruiz@uabcs.mx). [§]Autor responsable: erueda04@santana.uson.mx.

Resumen

Estudios relacionados con la caracterización de nemátodos fitoparásitos de la halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) en el noroeste de México, son nulos, lo que motivó esta investigación al aislamiento y caracterización de nemátodos asociados a *Salicornia*. Se desarrollaron dos muestreos sistemáticos en diez localidades de dos áreas (Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Sonora), donde se desarrolla en forma natural la halófito en estudio; los muestreos se hicieron con una periodicidad de dos meses durante 11 meses que corresponde a la fenología de la planta. Se consideró una profundidad de muestreo en niveles de 0-50 y 50-100 cm para estudiar la población de nemátodos. Las muestras colectadas se procesaron al homogenizar la muestra y tomándose submuestras de 500 g; las submuestras fueron procesadas mediante un tamizado y centrifugación; se colectaron alícuotas para su cuantificación e identificación. Se colectaron e identificaron ocho géneros de nemátodos fitoparásitos; entre ellos los más abundantes fueron *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Merlinius* y *Criconematidos*. Sus poblaciones variaron en relación con el ecotipo, tipo de terreno, profundidad del suelo y época del año.

Palabras clave: enfermedad, halófito, plagas, zonas áridas.

Abstract

Related to the characterization of plant parasitic nematodes halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) In northwestern Mexico, studies are zero, which motivated this research to the isolation and characterization of nematodes associated with *Salicornia*. Two systematically sampled in ten locations in two areas (Puerto Peñasco and Bahía de Kino, Sonora), which develops naturally in the halophyte study was developed; samplings were made at intervals of two months for 11 months corresponding to the phenology of the plant. Sampling depth levels of 0-50 and 50-100 cm was considered to study the nematode population. The collected samples were processed to homogenize the sample and taking subsamples of 500 g; subsamples were processed by sieving and centrifugation; aliquots for fication and identification were collected. Were collected and identified eight genera of plant parasitic nematodes; including the most abundant were *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Merlinius* and *Criconematidos*. Their populations varied in relation to the ecotype, soil type, soil depth and season.

Keywords: arid, disease, halophyte, pests.

Introducción

En las últimas dos décadas en desiertos y zonas áridas, se han orientado los esfuerzos de investigación hacia el estudio y desarrollo de recursos vegetales que constituyan una alternativa a los cultivos tradicionales.

Estos estudios muestran que las halófitas son los recursos biológicos más promisorios para explotar o desarrollar económicamente en las zonas áridas y costeras, ya que toleran altas concentraciones de sales y se desarrollan en terrenos costeros y suelos ensalitrados del mundo (O'Leary *et al.*, 1985; Mass y Grieve, 1990; Glenn *et al.*, 1995; Glenn *et al.*, 1998). Entre ellas destaca el género *Salicornia*, el cual está constituido por las especies: *S. pacifica* (Standl.) A. J. Scott; *S. subterminalis* (L.); *S. virginica* (L.); *S. borealis* (L.); *S. maritima* (Wolf and Jefferiers); *S. rubra* (L.) y *S. bigelovii* (Torr.) (USDA, 2003); de las cuales las tres primeras son perennes y las demás anuales. De las especies citadas, *Salicornia bigelovii* (halófito anual) es de gran interés, ya que se le ha encontrado un promisorio potencial agroindustrial y económico (SARH, 1981; Mota, 1990; Ortega y Castellanos, 1995; Rueda-Puente *et al.*, 2009).

La importancia agroindustrial de la misma, reside en su capacidad de producción de forrajes, aceites vegetales y alimentos para consumo humano esencialmente ensaladas y harinas. Sumado a ello, ha quedado demostrada su aplicabilidad en industrias como la cosmetología, la construcción (fibra seca prensada) y fundamentalmente para la recuperación de áreas degradadas por salinización, ya sea natural o inducida por prácticas agrícolas inadecuadas, lo cual favorece la economía rural (Glenn *et al.*, 1995; Rueda-Puente *et al.*, 2003; 2004; 2009). En Sonora y Baja California Sur, *S. bigelovii* tiene una amplia distribución a lo largo de sus costas (Glenn *et al.*, 1994), por lo que es factible su desarrollo como nuevo cultivo en el noroeste de México con perspectivas de explotación comercial; ambas regiones son una de las principales áreas productoras de *Salicornia* a nivel mundial debido a su alto potencial de rendimiento (Carlson, 2000).

En conjunto ambas regiones cuenta con una superficie no mayor a 100 ha, lo que origina que los subproductos de *Salicornia* tengan un alto valor adquisitivo hacia otros países. Existen dos formas de producción de *Salicornia* en el noroeste de México, aquel que se desarrolla en forma natural y el intensivo en forma de monocultivo. Según estudios previos concernientes a la producción de *Salicornia*,

Introduction

In the last two decades in deserts and arid areas, have focused research efforts to study and development of plant remedies which constitute an alternative to traditional crops.

These studies show that halophytes are the most promising biological resources to exploit or develop economically in arid and coastal areas as they tolerate high concentrations of salts and develop in coastal land and salted soil of the world (O'Leary *et al.*, 1985; Mass and Grieve, 1990; Glenn *et al.*, 1995; Glenn *et al.*, 1998). These include the genus *Salicornia* which consists species *S. pacifica* (Standl.) AJ Scott; *S. subterminalis* (L.); *S. virginica* (L.); *S. borealis* (L.); *S. maritima* (Wolf and Jefferiers); *S. rubra* (L.) and *S. bigelovii* (Torr.) (USDA, 2003); of which the first three are perennial and the other year. Of those species, *Salicornia bigelovii* (annual halophyte) is of great interest since it has been found a promising agribusiness and economic potential (SARH, 1981; Mota, 1990; Ortega and Castellanos, 1995; Rueda-Puente *et al.*, 2009).

The agroindustrial importance of it, lies in its capacity to produce fodder, vegetable oils and food for human consumption essentially salads and meals. Added to that, they have proved their applicability in industries like cosmetics, construction (dry hardboard) and mainly for recovering degraded by salinization areas, whether natural or induced by inappropriate agricultural practices, which favours the rural economy (Glenn *et al.*, 1995; Rueda-Puente *et al.*, 2003; 2004; 2009). In Sonora and Baja California Sur, *S. bigelovii* is widely distributed along its shores (Glenn *et al.*, 1994), so its development as a new crop in northwestern Mexico with prospects of commercial exploitation is feasible; both regions are one of the main producing areas of *Salicornia* worldwide due to its high yield potential (Carlson, 2000).

Together the two regions has an area not exceeding 100 ha, which causes the products of *Salicornia* have a high purchasing power to other countries. There are two ways of producing *Salicornia* in northwestern Mexico, who develops naturally and as intensive monoculture. According to previous studies concerning production of *Salicornia*, productivity of this kind of plants is limited by abiotic and biotic factors such (Martínez, 1996). According to abiotic, studies have addressed the salinity management in order to make *Salicornia* more productive, while for biotic, have focused on the detection of insect pests.

la productividad de este tipo de plantas está limitada por factores de tipo abiótico y biótico (Martínez, 1996). Acorde a los abióticos, los estudios de han dirigido al manejo de la salinidad en aras de hacer más productiva a salicornia, mientras que para los bióticos, se han orientado a la detección de plagas insectiles.

Actualmente, en plantas de *Salicornia* de algunos predios de Sonora y Baja California Sur, se han observado problemas fitopatológicos que han generado reducción en la producción, causando en el productor incertidumbre en materia de control o prevención debido al desconocimiento de que patógenos están provocando una infección. Estudios relacionados con la caracterización de nemátodos fitoparásitos de *Salicornia bigelovii*, son nulos, lo que motivó esta investigación, con los siguientes objetivos: a) identificar las especies de nemátodos fitoparásitos asociados a dos sistemas de producción de *Salicornia bigelovii* y conocer la dinámica poblaciones de estos nemátodos, a través del tiempo.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en dos áreas de producción naturales donde se produce *Salicornia bigelovii* que se dirige a su producción, ubicadas geográficamente entre los paralelos latitud 31° 18' 41.64" norte, longitud 113° 33' 31.88" oeste y latitud 28° 40' 35.24" norte, longitud 111° 55' 44.21" oeste, a una altura entre los 2 y 10 msnm, con suelos que pertenecen al tipo arenoso con textura franco arcillo-arenosa (56% arena, 13% limo y 31% arcilla), pH de 8.2; contenido de materia orgánica (0.8%) determinado por el método de Walkley-Black (Etchevers *et al.*, 1971); nitrógeno total (0.08%) de acuerdo con el método de Kjeldahl (Moreno, 1978); contenido de fósforo disponible (9 mg kg⁻¹) según el método de Olsen (SPAC, 1992); contenido de potasio intercambiable (3.1 cmolc kg⁻¹) determinado con acetato de amonio a pH 7 (Etchevers *et al.*, 1971) y una conductividad eléctrica de 17.1 mmhos cm⁻¹.

Según la clasificación de Mota (1980), las dos áreas de *Salicornia* están asociadas a una vegetación compuesta por *Crithmum maritimum* L., *Carpobrotus acinaciformis*, *Distichlis spicata* L. y *Rhizophora* spp. principalmente. Asimismo, de acuerdo con el sistema climático de Köppen, modificado por Sanchez y Garduño (2008), el área de estudio tiene un clima del tipo BWhw (x') (e'), es muy seco semi-cálido con escasas lluvias durante los meses de octubre a diciembre; presenta una precipitación media

Currently in plants of *Salicornia* some properties of Sonora and Baja California Sur, have been observed plant disease problems that have generated reduced production, resulting in uncertainty producer in the control or prevention due to ignorance that pathogens are causing an infection. Related to the characterization of plant parasitic nematodes *Salicornia bigelovii* Studies are zero, which motivated this research, with the following objectives: a) identify the species of plant parasitic nematodes associated with two production systems *Salicornia bigelovii* and know the nematode populations of these dynamics, over time.

Materials and methods

This research was conducted in two areas of natural production where it occurs *Salicornia bigelovii* that targets its production, geographically located between the parallels latitude 31° 18' 41.64" N, longitude 113° 33' 31.88" W and latitude 28° 40' 35.24" N, longitude 111° 55' 44.21" W, at a height between 2 and 10 m, with sandy soils of the guy with sandy clay loam (56% sand, 13% silt and 31% clay), pH 8.2; organic matter content (0.8%) determined by the Walkley-Black method (Etchevers *et al.*, 1971); Total nitrogen (0.08%) according to the Kjeldahl method (Moreno, 1978); available phosphorus content (9 mg kg⁻¹) by the method of Olsen (SPAC, 1992); exchangeable potassium (3.1 cmolc kg⁻¹) determined with ammonium acetate pH 7 (Etchevers *et al.*, 1971) and an electrical conductivity of 17.1 mmhos cm⁻¹.

According to the classification of Mota (1980), both areas of *Salicornia* are associated with vegetation composed of *Crithmum maritimum* L., *Carpobrotus acinaciformis*, *Distichlis spicata* L. and *Rhizophora* spp. mainly. Also, according to the climate system by Köppen, as amended by Sanchez and Garduño (2008), the study area has a climate of BWhw (x') (e') type, is very dry semi-warm with little rain during the months of October to December; has an annual rainfall of 60.1 mm; and its average annual temperature is 21.2 °C. The maximum temperature in the months of March, June, September and December is 26.7°, 32.3°, 35.1° and 22.9°, respectively.

Preliminary systematic field sampling. In July 2012, conducted two preliminary surveys in the two selected areas, in order to determine the depth to which it should make systematic sampling; 20, 50, 100 and 150 cm: samples were taken at four depths. Sampling consisted of 100 g of roots and 100 g of soil in plastic bags being deposited. Samples were extracted with triangular blade sheet (13 x 13 x 13) at a distance of 5 cm from the base of the plants (Guzmán and Castaño 2010).

anual de 60.1 mm; y su temperatura media anual es de 21.2 °C. La temperatura máxima en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre es de 26.7 °C, 32.3 °C, 35.1 °C y 22.9 °C, respectivamente.

Muestreo de campo preliminar y sistemático. En julio de 2012, se llevaron a cabo dos muestreos preliminares en las dos áreas seleccionadas, con el propósito de determinar la profundidad a la cual se deberían efectuar los muestreos sistemáticos; se tomaron muestras a cuatro profundidades: 20, 50, 100 y 150 cm. La toma de muestras consistió de 100 g de raíces y 100 g de suelo, siendo depositadas en bolsas plásticas. Las muestras se extrajeron con un pala de hoja triangular (13 x 13 x 13) a una distancia de 5 cm de la base de las plantas (Guzmán y Castaño 2010).

La extracción de nemátodos de raíces y suelo se realizó en el Laboratorio de Agrícola del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, basados en el principio de flotación de los nemátodos en azúcar realizado por Guzmán y Castaño *et al.* (2010). El procedimiento se realizó de la siguiente manera: las raíces se lavaron con agua de la llave, después de dejarlas secar a temperatura ambiente, se pesaron 20 g de ellas en una balanza Analytical Plus, marca Ohaus, modelo Núm. AP210S, y con la ayuda de tijeras se cortaron transversalmente trozos de raíces de 1 cm, que luego se homogenizaron (Guzmán y Castaño *et al.*, 2010). Estos trozos se colocaron dentro del vaso de una licuadora Osterizer, modelo 565-15, con 500 mL de agua y luego se licuaron a alta velocidad por 30 s. La solución del licuado fue depositada en un tamiz de 250 mm el cual estaba colocado sobre un tamiz de 106 mm, y éste sobre otro de 25 mm.

La muestra se lavó con agua a presión para que hubiera desprendimiento de los nemátodos, y del material que quedó en el tamiz de 25 mm, se depositó todo su contenido, aproximadamente 25 mL, en tubos de centrifugación de polipropileno de 50 mL de capacidad. Posteriormente, se agregó a cada tubo 25 mL de sacarosa al 50% (solución de azúcar) y se centrifugó a 3 800 rpm durante 3 min (Alcoser *et al.*, 2006; Hafez, 2011). Como consecuencia de la centrifugación hubo una sedimentación de las partículas pesadas en el fondo del tubo. Los nemátodos se ubicaron en una capa intermedia (gradiente de sacarosa) y aquellos localizados en la inter-fase se extrajeron de cada tubo usando una jeringa conectada a una manguera para facilitar su extracción. La extracción de nemátodos de suelo se realizó de igual manera, omitiendo el procedimiento de licuado.

The extraction of roots and soil nematodes was performed at the Laboratory of Agricultural Department of Agriculture of the University of Sonora, based on the principle of flotation sugar nematodes by Guzmán and Castaño *et al.* (2010). The procedure was performed as follows: the roots were washed with tap water, then allowed to dry at room temperature, 20 g of which was weighed on a balance Analytical Plus, trademark Ohaus, model No. AP210S, and with using scissors rootstock 1 cm, which were then homogenised were transversely cut (Guzmán and Castaño *et al.*, 2010). These pieces were placed into the vessel a Osterizer, model 565-15, with 500 mL of water and then liquefied blender at high speed for 30 s. The liquefied solution was deposited on a 250 mm sieve which was placed on a 106 mm sieve and this on one 25 mm.

The sample was washed with water pressure so there would detachment of nematodes, and the material left in the sieve of 25 mm, all content, approximately 25 mL, was placed in centrifuge tubes 50 ml polypropylene capacity. Subsequently, each tube 25 mL of sucrose was added 50% (sugar solution) and centrifuged at 3800 rpm for 3 min (Alcoser *et al.*, 2006; Hafez, 2011). Following centrifugation there was a sedimentation of heavy particles in the bottom of the tube. Nematodes were placed in an intermediate layer (sucrose gradient) and those located in the inter-phase is removed from each tube using a syringe attached to a hose to facilitate its removal. The soil nematode extraction was performed similarly, omitting the procedure liquefied.

After the nematodes were extracted were deposited on 25 mm sieve and washed with water to prevent nematodes affect sugar. Finally 20 mL were collected in a Petri dish and 3 counts nematodes (num. nematodes/100 g of roots) were performed. On each floor the number of nematodes per 100 g of roots and soil were recorded; on the other hand, a nematode ml fixed with TAF (4: 1) and the rapid method Seinhorst (1959) glycerol dehydrated according Mcsorley (2003), for mounting and making identification to species. For the latter we used taxonomic keys by Thorne (1961), Sher (1966), Taylor (1968), Siddiqi (1970), Roman (1978), Loof (1979), Eisenbak *et al.* (1981), Luc (1990), Mai and Lyon (1996), Siddiqi (2001), Agrios (2005), Perry and Moens (2006), Castillo and Vovlas 2008 and Perry *et al.* (2009).

For the development of systematic sampling, this took place in the period December 2012 to October 2013 in the two study locations (Bahía de Kino and Puerto Peñasco, Sonora); five sampling were selected between the two areas to observe population fluctuations throughout the year. Sampling was

Después que los nemátodos fueron extraídos, se depositaron en el tamiz de 25 mm y se lavaron con abundante agua para evitar que el azúcar afectara los nemátodos. Finalmente se recogieron 20 mL en una caja de petri y se realizaron 3 conteos de nemátodos (num nemátodos / 100 g de raíces). En cada planta se registró el número de nemátodos en 100 g de raíces y suelo; por otro lado, un ml con nemátodos se fijaron con TAF (4:1) y se deshidrataron en glicerina por el método rápido de Seinhorst (1959) según Mensorley (2003), para montarlos y hacer la identificación hasta especie. Para esto último se utilizaron las claves taxonómicas de Thorne (1961), Sher (1966), Taylor (1968), Siddiqi (1970), Román (1978), Loof (1979), Eisenbak *et al.* (1981), Luc (1990), Mai and Lyon (1996), Siddiqi (2001), Agrios (2005), Perry y Moens (2006), Castillo y Vovlas 2008 y Perry *et al.* (2009).

Para el desarrollo del muestreo sistemático, éste se efectuó en el periodo de diciembre de 2012 a octubre de 2013 en las dos localidades en estudio (Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora); se seleccionaron cinco puntos de muestreo entre las dos áreas, para observar las fluctuaciones de la población a través del año. Los muestreos se llevaron a cabo con una periodicidad de dos meses. Con relación a la profundidad y de acuerdo a los resultados del muestreo preliminar, se decidió tomar muestras en cada sitio en niveles de 0-50 y 50-100 cm, para estudiar la población existente de nemátodos.

Las muestras se extrajeron conforme a lo indicado en el muestreo preliminar, las cuales se colocaron en bolsas de polietileno y se etiquetaron con los datos siguientes: área, localidad, profundidad, colector y fecha. Una vez etiquetado el material, se cuidó que no recibiera en forma directa los rayos del sol y para evitar el calentamiento se colocaron en una hielera a 4 °C; posteriormente se llevaron al laboratorio para su procesado.

El trabajo de procesamiento de muestras se llevó a cabo conforme a lo indicado en el muestreo preliminar. Se realizó un análisis estadístico para aquellos géneros de nemátodos cuyas poblaciones fueron altas; los parámetros que se relacionaron con las poblaciones fueron localidad, profundidad y fecha de muestreo, para cada área. La separación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey y con una probabilidad de 95%.

conducted at intervals of two months. With regard to the depth and according to the results of preliminary sampling, it was decided to sample at each site in levels 0-50 and 50-100 cm, to study the existing population of nematodes.

Samples were extracted as indicated in the preliminary sampling, which were placed in polyethylene bags and labelled with the following information: area, location, depth, collector and date. Once labelled material was careful not directly receive sunlight and to avoid heating were placed in a cooler at 4 °C; subsequently taken to the laboratory for processing.

The work sample processing was carried out as indicated in the preliminary sampling. Statistical analysis for those genera of nematodes whose populations were high was performed; the parameters related to the populations were local, depth and sampling date for each area. The mean separation was effected by the Tukey test with a probability of 95%.

Results and discussion

Identification of plant parasitic nematodes

From the samples obtained in the preliminary sampling taken in Bahia de Kino and Puerto Peñasco, Sonora, the following genera of phytopathogenic nematodes were obtained: *Merlinius*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Trichodorus*, *Aphelenchus* and *Criconematidos*; observed that the deeper the population decreased to zero localized the highest concentration of individuals in the samples taken at 20 and 100 cm.

In the second preliminary sampling, genera identified were: *Aphelenchus*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus* and *Criconematidos*; the behaviour of their populations was similar to that observed in the first sampling. These results indicated that the largest number of nematodes is located in the first 50 cm which is consistent with Guzmán and Castaño *et al.* (2010); however, the same author indicates that for *Xiphinema mediterraneum* population fluctuates inversely, existing near 80% of adults at a depth of 90 to 100 cm because the acidic soil conditions do not allow the development of high populations (Yeates, 1979). As described above, it was decided to systematic two levels deep samples; 0-50 and 50-100 cm.

Resultados y discusión

Identificación de nematodos fitoparásitos

De las muestras obtenidas en el muestreo preliminar tomadas en Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora, se obtuvieron los siguientes géneros de nemátodos fitopatógenos: *Merlinius*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Trichodorus*, *Aphelenchus* y *Criconematidos*; se observó que a mayor profundidad la población disminuyó hasta cero localizándose la mayor concentración de individuos en las muestras tomadas a 20 y 100 cm.

En el segundo muestreo preliminar, los géneros identificados fueron: *Aphelenchus*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus* y *Criconematidos*; el comportamiento de sus poblaciones fue similar al observado en el primer muestreo. Estos resultados indicaron que la mayor cantidad de nemátodos se localiza en los primeros 50 cm lo cual concuerda con Guzmán y Castaño *et al.* (2010); sin embargo, el mismo autor indica que para *Xiphinema mediterraneum*, la población fluctúa en forma inversa, existiendo cerca del 80% de adultos a una profundidad de 90 y 100 cm debido a que las condiciones ácidas del suelo no permiten el desarrollo de altas poblaciones (Yeates, 1979). Por lo anteriormente descrito, se decidió hacer los muestreos sistemáticos a dos niveles de profundidad; 0-50 y 50-100 cm.

Acorde al muestreo sistemático, los géneros de nemátodos encontrados en los muestreos fueron *Helicotylenchus*, *Merlinius*, *Tylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Aphelenchus* y *Criconematidos*. Las poblaciones más elevadas correspondieron a los géneros *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Merlinius* y *Criconematidos*, mientras que en los géneros, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Trichodorus* y *Aphelenchus*, las poblaciones alcanzaron niveles muy bajos, estando ausentes en algunas fechas de muestreo (Figura 1, 2 y 3). Cabe indicar que estos últimos géneros de nemátodos pueden tener cierta importancia, ya que es conocido que *Tylenchus*, *Aphelenchus* o algunas especies de *Pratylenchus* tienen hábitos micófagos que pueden destruir a la micorriza y predisponer a la planta al ataque de otros patógenos (Ruehle, 1973a y b, Dropkin, 1980; Castillo y Vovlas, 2008).

Los géneros de nemátodos identificados de las dos áreas fueron similares, aunque la población fue mayor en Puerto Peñasco, Sonora.

According to systematic sampling nematode genera found in the samples were *Helicotylenchus*, *Merlinius*, *Tylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Aphelenchus* and *Criconematidos*. Higher populations corresponded to the genera *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Merlinius* and *Criconematidos*, while genera, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Trichodorus* and *Aphelenchus* reached levels populations very low, being absent in some sampling dates (Figure 1, 2 and 3). It is noted that these latter genera of nematodes can be of some importance, since it is known that *Tylenchus*, *Aphelenchus* or some species of *Pratylenchus* have mycophagy habits that may destroy the mycorrhiza and predispose the plant to attack by other pathogens (Ruehle, 1973a and b, Dropkin, 1980; Castillo and Vovlas, 2008).

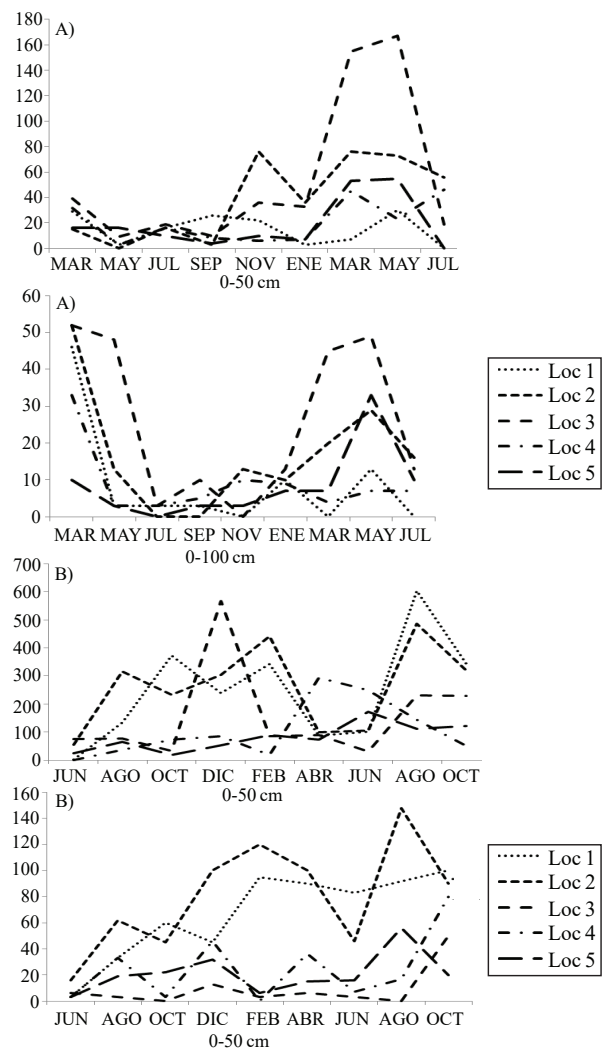


Figura 1. Dinámica poblacional del nemátodo *Helicotylenchus* en Bahía de Kino (A) y Puerto Peñasco Sonora (B); y asociados a la Halófito *Salicornia bigelovii*.

Figure 1. Population dynamics of the nematode *Helicotylenchus* in Bahía de Kino (A) and Puerto Peñasco (B); and associated halophyte *Salicornia bigelovii*.

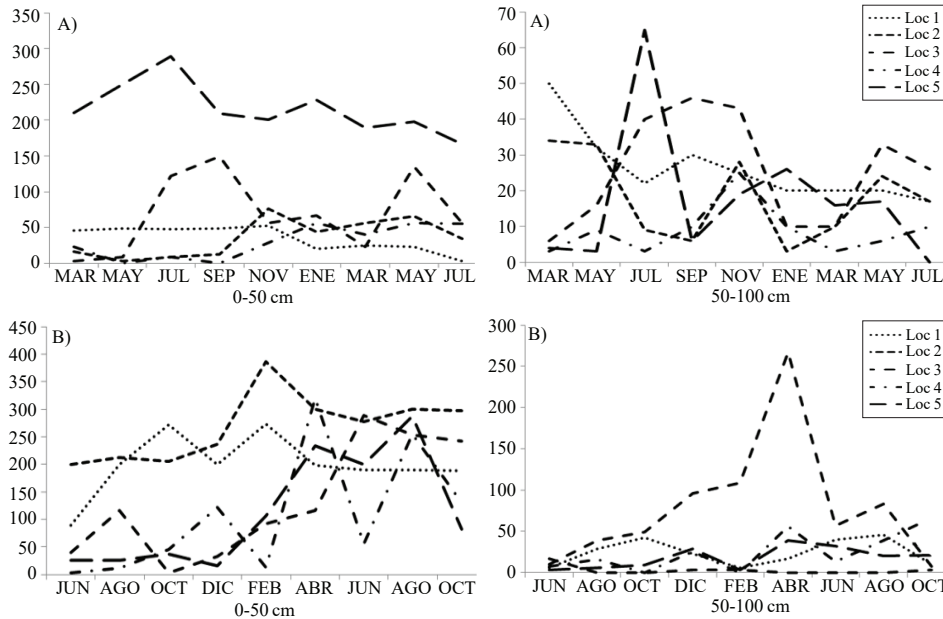


Figura 2. Dinámica poblacional del nemátodo *Merlinius* en Bahía de Kino (A) y Puerto Peñasco, Sonora, y (B) asociados a la Halófito *Salicornia bigelovii*.

Figure 2. Population dynamics of the nematode *Merlinius* in Bahia de Kino (A) and Puerto Peñasco, Sonora and (B) associated with halophyte *Salicornia bigelovii*.

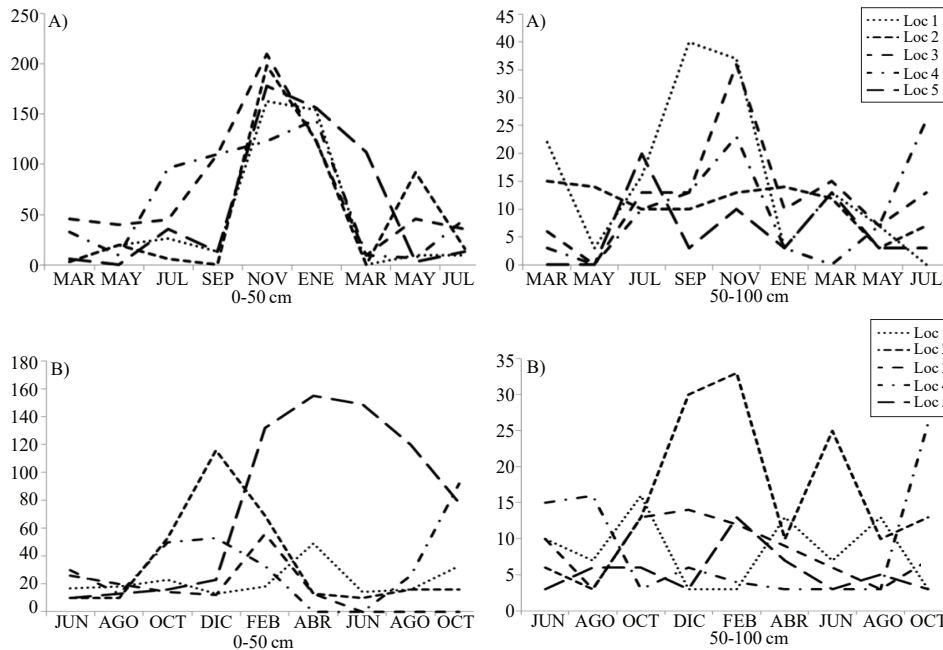


Figura 3. Dinámica poblacional del nemátodo *Criconemalidos* en Bahía de Kino (A) y Puerto Peñasco, Sonora; y (B) asociados a la Halófito *Salicornia bigelovii*.

Figure 3. Population dynamics of the nematode *Criconemalidos* in Bahia de Kino (A) and Puerto Peñasco, Sonora; and (B) associated with *Salicornia bigelovii*.

A continuación se indican las características de las especies de nemátodos más abundantes y la dinámica de su población a través del tiempo en las dos áreas.

The nematode genera identified in the two areas were similar, although the population was higher in Puerto Peñasco, Sonora.

Helicotylenchus indicus. Los montajes analizados mostraron nemátodos que tomaron la forma de espiral. La región labial truncada y anillada, con tres o más anillos; estilete con una longitud de 22 μm y con nódulos basales bien definidos. Individuos con sexos separados, las hembras no mostraron mucrón. Fasmidias pequeñas al nivel del ano; cuatro incisuras en los campos laterales que son aerolados en la porción anterior del cuerpo; sus medidas correspondieron a 0.45-0.63 mm de longitud; hembra adulta: 23 a 32; porción anterior de cuerpo: 5.5-6.4; vulva: 33-47 y estilete: 21-23 mm; los anteriores rubros corresponden a los indicados por Thorne (1961), Agrios (2005), Perry y Moens (2006), Castillo y Vovlas 2008 y Perry *et al.* (2009).

Los datos obtenidos en Bahía de Kino, Sonora, muestran diferencias estadísticas en relación con la localidad (localidad 1 al 5), profundidad y fecha de muestreo (Figura 1 y Cuadro 1), lo que indica que los factores climáticos, como temperatura y precipitación, tienen como efecto sobre la cantidad de nemátodos en el suelo. Las poblaciones más altas de esta especie (32.9 y 28.8 individuos en 500 g de suelo), en la localidad 2 y 3 y la más baja (10.2 individuos) en la localidad 1, lo que indica que la población decrece conforme las poblaciones de *Salicornia* se alejan del litoral costero.

The characteristics of the most abundant species of nematodes and population dynamics over time in the two areas are indicated.

Helicotylenchus indicus. Nematodes analysed showed assemblies taking the form of spiral. The labial truncated and ringed with three or more rings; stylus with a length of 22 μm and with well-defined basal knobs. Individuals with separate sexes, females showed no mucro. Small phasmidias at anus level; four notches in the side aerolados fields that are in the anterior portion of the body; its measures were correspondent to 0.45 to 0.63 mm in length; adult female: 23-32; anterior portion of the body: 5.5-6.4; vulva: 33-47 and stiletto: 21-23 mm; the above items correspond to those indicated by Thorne (1961), Agrios (2005), Perry and Moens (2006), Castillo and Vovlas 2008 and Perry *et al.* (2009).

Data from Bahía de Kino, Sonora showed statistical differences in relation to the locality (locality 1 to 5), depth and sampling date (Figure 1 and Table 1), indicating that climatic factors, as temperature and precipitation, have the effect on the number of nematodes in the soil. The highest populations of this species (32.9 and 28.8 individuals

Cuadro 1. Análisis de varianza correspondientes a las poblaciones de nemátodos fitoparásitos asociados a la halófito *Salicornia bigelovii* en Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora.

Table 1. Analysis of variance for stocks of plant parasitic nematodes associated with halophyte *Salicornia bigelovii* in Bahía de Kino and Puerto Peñasco, Sonora.

Nemátodo asociado y área	Fuente de variación	GL	Anova	F calc	Probabilidad
<i>Helicotylenchus</i> Bahía de Kino	Localidad	4	8 567.435	7.35	0.0002
	Profundidad	1	7 165.076	24.67	0.0001
	Fecha de muestreo	9	1 953.873	7.19	0.0001
<i>Helicotylenchus</i> Puerto Peñasco	Localidad	4	43 2450.342	19.7	0.0001
	Profundidad	1	256 489.54	44.98	0.0001
	Fecha de muestreo	7	126 762.154	3.38	0.0092
<i>Merlinius</i> Bahía de Kino	Localidad	4	25 876.89	8.01	0.0001
	Profundidad	1	18 679.76	24.67	0.0001
	Fecha de muestreo	9	24 678.76	3.19	0.006
<i>Merlinius</i> Puerto Peñasco	Localidad	4	194 232.67	6.78	0.0005
	Profundidad	1	169 879.12	23.99	0.0001
	Fecha de muestreo	7	918 87.65	1.97	0.1094
<i>Criconematidos</i> Bahía de Kino	Localidad	4	3 587.87	1.67	0.2342
	Profundidad	1	10 267.87	16.87	0.0002
	Fecha de muestreo	9	22 716.45	3.89	0.0013
<i>Criconematidos</i> Puerto Peñasco	Localidad	4	5 482.11	2.45	0.0753
	Profundidad	1	8 789.43	14.98	0.0004
	Fecha de muestreo	7	7 867.89	2.09	0.0893

Por otra parte, la mayor población de estos nemátodos se encontró en los primeros 50 cm (Figura 1), decreciendo a medida que aumenta la profundidad. La media más alta de individuos se presentó en las muestras extraídas en los meses de marzo (53) y mayo (32) (Figura 1) que es cuando se inicia la época de lluvias. Norton (2009) en cebada, encontró también que *Helicotylenchus* permanece en las capas superficiales del suelo (30 cm), aun cuando las raíces del cultivo alcancen profundidades hasta de 1m.

Por su parte, en el área de Puerto Peñasco, Sonora, la fluctuación de las poblaciones de esta especie fue similar, encontrándose diferencias entre los datos de población de los tres parámetros considerados. La localidad 2 (262 nemátodos) y localidad 1 (247 nemátodos) presentaron las poblaciones más altas decreciendo éstas conforme se distanciaban del litoral costero. Para la profundidad, se localiza la mayor concentración de nemátodos en los primeros 50 cm, con una media de 189 individuos en 500 g de suelo por fecha de muestreo; por último, existe diferencia entre poblaciones de las diferentes fechas de muestreo, encontrándose las más altas en los meses de julio (131) y agosto (315) cuando las condiciones de humedad son elevadas lo que indica que para la reproducción de esta especie, es importante que exista humedad en el suelo (Cuadro 1).

Cabe indicar que se las plantas con individuos de *Helicotylenchus indicus*, debido al ataque tan severo, el tejido viejo se rompía originando chancros de apariencia corchosa que posteriormente se necrosaban y morían impidiendo la formación de raíces y por ende, impedían la absorción y traslocación de agua y nutrientes. En la parte aérea, se observó poco desarrollo de las plantas, acompañado de enanismo, poco desarrollo foliar, clorosis de hojas y producción baja. Resultados similares fueron encontrados por Mosquera (1997) y Bolaños (2007).

Merlinius spp. acorde a Taylor (1968), Siddiqui (1970), Siddiqui (2001), Agrios (2005), Castillo y Vovlas 2008 y Perry *et al.* (2009), los microorganismos identificados de las muestras obtenidas mostraron cuerpos cilíndricos que asumen la forma de C abierta; presentaron anillamiento cuticular bien definido. Los campos laterales se inician con tres líneas en la parte anterior, pero al nivel del bulbo medio se forman cuatro, a la altura del istmo cinco y al nivel de la unión de glándulas esofágicas con el intestino, se localizaron seis líneas que prevalecen a lo largo del cuerpo del nemátodo. La región cefálica conspicua, redondeada y lisa; estilete largo

in 500 g of soil), in the resort 2 and 3 and the lowest (10.2 individuals) in locality 1, indicating that the population decreases as populations *Salicornia* away from the coastline.

Moreover, the population of these nematodes were found in the first 50 cm (Figure 1), decreasing with increasing depth. The highest average individuals appeared in the samples taken in the months of March (53) and May (32) (Figure 1) which is when the rainy season starts. Norton (2009) on barley, also found that *Helicotylenchus* remains in the topsoil (30 cm), even though the crop roots reach depths of up to 1m.

Meanwhile, in the area of Puerto Peñasco, Sonora, fluctuating populations of this species was similar, differing from the population data of the three parameters considered. Site 2 (262 nematodes) and site 1 (247 nematodes) had the highest populations decreasing as they distanced themselves from the coastline. For the depth, the higher concentration of nematodes in the first 50 cm is located, with an average of 189 individuals in 500 g of soil per sampling date; finally, there is a difference between populations of different sampling dates, being the highest in July (131) and August (315) when the humidity is high indicating that for reproduction of this species is important that there is moisture in the soil (Table 1).

It should be noted that plants with individuals of *Helicotylenchus indicus*, due to the attack so severe, breaking the old tissue causing cankers of corky appearance necrosaban and died subsequently preventing the formation of roots and thus impeded the absorption and translocation of water and nutrients. In the aerial part, little plant growth, accompanied by dwarfism, little leaf development, leaf chlorosis and low production was observed. Similar results were found by Mosquera (1997) and Bolaños (2007).

Merlinius spp. According to Taylor (1968), Siddiqui (1970), Siddiqui (2001), Agrios (2005), Castillo and Vovlas 2008 and Perry *et al.* (2009) identified the microorganisms of the samples obtained showed that cylindrical bodies take the form of open C; presented banding cuticular well defined. The lateral fields start with three lines at the front, but the level of the bulb means are formed four, at the level of the isthmus five and the junction of the esophageal glands the bowel, six lines found along the body of the nematode. The conspicuous, rounded

con nódulos basales dirigidos hacia abajo y hacia los lados. Región glandular del esófago periforme, con tres núcleos; nula existencia sobre posición del intestino.

Nemátodos con las deiridias muy grandes en el centro de las líneas laterales a la altura del istmo, y las fasmidias en la región posterior, aproximadamente a la mitad de la cola. Vulva transversal; donde la espermateca redondeada y llena de espermatozoides con dos ovarios anfídelficos según Perry y Moens (2006). El macho es similar a la hembra, con espículas largas; bursa larga, crenada y algo envolvente acorde a Perry *et al.* (2009).

En el área de Bahía de Kino, la dinámica de la población de éste nemátodo, presentó diferencia estadística significativa en las poblaciones en relación con la localidad y la profundidad (Figura 2) y la mayor concentración de nemátodos se encontró en los primeros 50 cm de profundidad, con una media de 76.91 individuos por muestra. La mayor población se localizó en la localidad 5 (215 nemátodos) y localidad 3 (68 nemátodos) y la más baja en la localidad 4 con 29 nemátodos. Aparentemente esta especie, la temperatura y precipitación, no tienen influencia directa en el desarrollo de su población, ya que no se encontraron diferencias significativas entre fechas de muestreo. Lo anterior se contradice con lo observado por Norton (2009) y Guzmán y Castaño *et al.* (2010) quienes en estudios efectuados con *Merlinius joctus* en maíz detectaron una gran variación de la población, según la época del año.

Por su parte en Puerto Peñasco, Sonora, la población se comportó de una manera similar; la cantidad más alta de nemátodos (268) se encontró en la localidad 2, mientras que la más baja (106) fue en la localidad 4, no existiendo un patrón definido de distribución. La mayor concentración de nemátodos estuvo en los primeros 50 cm, con una media poblacional de 163 individuos por cada 500 gramos de suelo. Considerando las fechas de muestreo, no hubo diferencia significativa, aunque se observó una influencia de la humedad en relación entre sexos, ya que en los meses secos se presentó una proporción mayor de machos.

Pratylenchus spp. Aunque esta especie no se presentó en altas poblaciones, se incluye porque dentro del género existen algunas especies micófagas que se alimentan de las micorrizas (Dropkin, 1980; Rueda-Puente *et al.*, 2009). La identificación de especies de este género se dificulta, ya que la morfología general es tan uniforme que existen solamente

and smooth head region; long stylet with basal knobs directed downwards and sideways. Peri-form glandular region of the esophagus, with three cores; null existence on position intestine.

Nematodes with deiridias quite large in the centre of the side at the level of the isthmus lines, and in the posterior region of the phasmidias, approximately half of the tail. Vulva cross; where the rounded and full spermatheca with two amphidelphic ovaries according to Perry and Moens (2006). The male is similar to female, with long spicules; bursa long, crenate and some surround according to Perry *et al.* (2009).

In the area of Bahia de Kino, the population dynamics of this nematode, presented statistically significant difference in populations in relation to the location and depth (Figure 2) and the largest concentration of nematodes found in the first 50 cm deep, with a mean of 76.91 individuals per sample. The population was located in the town 5 (215 nematodes) and site 3 (68 nematodes) and lowest at site 4 with 29 nematodes. Apparently this species, temperature and precipitation, have no direct influence on the development of its population, since no significant differences between sampling dates were found. This contradicts observed by Norton (2009) and Guzmán and Castaño *et al.* (2010) who in studies with *Merlinius joctus* corn detected a large variation in the population, according to the season.

Meanwhile in Puerto Peñasco, Sonora, population behaved in a similar manner; the highest number of nematodes (268) was found in the locality 2, while the lowest (106) was at site 4, there being a definite distribution pattern. The highest concentration of nematodes was in the top 50 cm, with a population mean of 163 individuals per 500 grams of soil. Considering the sampling dates, no significant difference, although an influence of moisture was observed in sex ratio as in the dry months he presented a higher proportion of males.

Pratylenchus spp., although, this species did not occur in high populations, is included within the genre have some mycophagy feeding with mycorrhizal (Dropkin., 1980; Rueda-Puente *et al.*, 2009). The identification of species of this genus is difficult because the overall morphology is so uniform that there are only a few features that have

algunas características que tienen valor taxonómico (Loof, 1979). Por esta razón, se considera como especie complejo a *P. penetrans*, *P. convallarie* y *P. fallax*.

Este género se encontró en bajas poblaciones (< 15 individuos), llegando a desaparecer en ciertas épocas del año en Bahía de Kino, Sonora, donde los cambios de humedad y temperatura son más drásticos, mientras que en Puerto Peñasco se puede detectar todo el año. Sus poblaciones fueron observadas en la localidad 2, 4 y 5. En los primeros 50 cm de profundidad, donde la temperatura es baja pero menos variable; esto es diferente a lo señalado para *P. penetrans* en diferentes cultivos, donde la mayor población se localizó en verano y la mínima en invierno (Norton, 2009).

Las poblaciones de estos nemátodos varían de acuerdo con los factores físicos y bióticos que los rodean; dentro de los primeros, se considera a la humedad como el más importante ya que en suelo seco, se reduce considerablemente la población (Dropkin, 1980). En relación con la temperatura se han recuperado mayores poblaciones y tenido grandes fluctuaciones, en verano (Norton, 2009). Sin embargo, esta información se ha obtenido en suelos agrícolas en donde se presentan las poblaciones más altas cuando llueve, se aplica el riego o durante la estación de crecimiento y parece ser que este patrón de conducta no se presenta en un ecosistema en equilibrio, donde durante todo el año se pueden encontrar especies vegetales en desarrollo y la pérdida de humedad no están violenta. Estos nemátodos han sido registrado en otros estudios afectando el sistema radical del cultivo de cultivos agrícolas que van desde hortalizas hasta frutales (Guzmán y Castaño *et al.*, 2010).

Criconematidos. Acorde a Mai y Lyon (1996), Perry y Moens (2006), Castillo y Vovlas 2008 y Perry *et al.* (2009), las características de los nemátodos corresponden a este género; entre las más representativas son cuerpo grueso y corto, con 33 a 194 anillos generalmente aserrados y gruesos. Con frecuencia existe anastomosis de los anillos; no existen líneas laterales; cola corta y redondeada o cónica. La hembra es monodélfica y el ovario reflejado; la vulva se localiza cerca del ano. Los machos tienen líneas en la bursa.

Acorde a los resultados obtenidos, la población se mantiene uniforme desde el aspecto estadístico en las localidades muestreadas, bajo las condiciones de las dos áreas. Respecto a la profundidad, existe diferencia significativa entre los estratos estudiados, localizándose la mayor concentración de estos nemátodos en los primeros 50 cm de profundidad. De acuerdo con la fecha de muestreo, se encontró que en Bahía de Kino,

taxonomic value (Loof, 1979). For this reason, it is considered complex species *P. penetrans*, *P. convallarie* and *P. fallax*.

This genus is found in small populations (<15 individuals), disappearing at certain times of the year in Bahía de Kino, Sonora where humidity and temperature changes are more dramatic, while in Puerto Peñasco can be detected throughout the year. Their populations were observed in the locality 2, 4 and 5. In the first 50 cm depth where the temperature is low but less variable; this is different than what is stated for *P. penetrans* in different cultures, where the population is located in summer and minimum in winter (Norton, 2009).

Nematode populations of these vary according to the physical and biotic factors that surround them; within the first, it is considered to be the most important moisture as dry soil, the population (Dropkin, 1980) is significantly reduced. In relation to temperature older populations have recovered and had large fluctuations in summer (Norton, 2009). However, this information has been obtained in agricultural soils where the highest populations occur when it rains or irrigation applied during the growing season and it seems that this pattern is not presented in a balanced ecosystem where throughout the year can be found in plant development and moisture loss are not violent. These nematodes have been recorded in other studies affecting the root system of cultivation of agricultural crops ranging from vegetables to fruit (Guzmán and Castaño *et al.*, 2010).

Criconematidos. According to Mai and Lyon (1996), Perry and Moens (2006), Castillo and Vovlas, 2008 and Perry *et al.* (2009), the characteristics of nematodes belong to this genus; among the most representative are roughly and short body, usually 33-194 Boules thick rings. Often there anastomosis rings; there are no sidelines; short, rounded or tapered tail. The female is monodelphous and the ovary is reflected; the vulva is located near the anus. Males have lines in the bursa.

According to the results, the population remains uniform from the statistical aspect of the sampled localities, under the conditions of the two areas. Regarding depth, there is significant difference between the studied, being located the largest concentration of these nematodes in the first 50 cm deep. According to the sampling date, found that Bahía de Kino, Sonora, the population of nematodes (174

Sonora, la mayor población de nemátodos (174 nemátodos) se localizó en el mes de noviembre, mientras que en Puerto Peñasco, no hubo diferencia significativa entre fechas de muestreo (Figura 3 y Cuadro 1).

Lo anterior muestra que en Puerto Peñasco, la temperatura no tiene influencia sobre la distribución y reproducción de estos nemátodos, situación que resulta diferente a lo señalado por Castillo y Vovlas (2008), Norton (2009) quien menciona la necesidad de una temperatura de 25 °C para que se logre un buen desarrollo. Es posible que este género de nemátodos estén parasitando a especies de gramíneas como *Distichlis spicata* principalmente, la cual existe en las localidades muestreadas y de acuerdo con Dropkin (1980), Castillo y Vovlas (2008) estos parásitos pueden alcanzar grandes poblaciones en suelos con gramíneas.

Conclusiones

Acorde a los resultados obtenidos se concluye que los géneros de nemátodos que se encuentran asociados con la halófito *Salicornia bigelovii* en las dos áreas estudiadas (Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora) son: *Helicotylenchus*, *Merlinius*, *Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Paratylenchus*, *Aphelenchus* y *Criconematidos*, de los cuales los más abundantes figuran *Helycotylenchus*, *Merlinius*, *Tylenchus* y *Criconematidos*, mientras que los otros géneros *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Trichodorus* y *Aphelenchus*, son escasos. Debido al daño que causan estas especies de nemátodos en el sistema radical, al igual que puede ser un factor predisponente para que actúen otros microorganismos (hongos, bacterias y virus), es necesario monitorear sus poblaciones y comenzar a realizar un manejo integrado del cultivo.

Finalmente, la decisión o recomendación de un programa de manejo integrado de nemátodos fitoparásitos se debe basar en el conocimiento de los géneros y las densidades poblacionales, que son la base para la selección e implementación de cualquier medida de manejo. Finalmente se concluye que este tipo de trabajos como una primera aproximación, este tipo de trabajos permiten ampliar el conocimiento del papel de los nemátodos en ecosistemas árido-salinos y su interacción con halófitas donde las condiciones cambian drásticamente.

nematodes) was found in November, while in Puerto Peñasco was no difference significantly between sampling dates (Figure 3 and Table 1).

This shows that in Puerto Peñasco, the temperature has no influence on the distribution and reproduction of these nematodes, a situation that is different from those reported by Castillo and Vovlas (2008), Norton (2009) who mentions the need for a temperature 25 °C so that it achieves a good development. It is possible that this genus of nematodes parasitizing species are grasses as *D. spicata* primarily, which exists in the sampled localities and in accordance with Dropkin (1980), Castillo and Vovlas (2008) these parasites can reach large populations in soil with grasses.

Conclusions

According to the results it is concluded that the genera of nematodes found associated with halophyte *Salicornia bigelovii* in two study areas (Bahía de Kino and Puerto Peñasco, Sonora) are *Helicotylenchus*, *Merlinius*, *Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*, *Paratylenchus*, *Aphelenchus* and *Criconematidos*, of which the most abundant include *Helycotylenchus*, *Merlinius*, *Tylenchus* and *Criconematidos* while other genera *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Trichodorus* and *Aphelenchus* are scarce. Due to the damage caused by these species of nematodes in the root system, as may be a predisposing factor to act other microorganisms (fungi, bacteria and viruses), it is necessary to monitor populations and start making an integrated crop management.

Finally, decision or recommendation of an integrated management program of plant parasitic nematodes should be based on knowledge of gender and population densities, which are the basis for the selection and implementation of any management measure. Finally it is concluded that this type of works as a first approximation, this type of work can extend the knowledge of the role of nematodes in arid-saline ecosystems and their interaction with halophytes where conditions change drastically.

End of the English version



Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del programa de Apoyo Complementario para la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación (repatriación) con expediente 040147, y a la Universidad de Sonora. El presente estudio figura como parte del proyecto institucional de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad de Sonora denominado: análisis fitopatológicos en cultivos agrícolas. *In memoriam* al Dr. Carlos Sosa Moss (QEPD^a), quien a través de sus cursos de capacitación de Nematología en la Dirección General de Sanidad Vegetal- México, D. F., se vertieron muchos de sus conocimientos. Asimismo, se ofrece el presente trabajo al Dr. Carlos Mota (QEPD^a) como pionero en la producción de halófitas agroindustriales en la República Mexicana.

Literatura citada

- Agrios G. 2005. Plant disease cause by nematodes *In*: plant pathology. 5 (Ed.). Nueva York: Elsevier Academic Press. 922 p.
- Alcozer, H.; Murguía, J. y Córdova, C. 2006. Efectos de solarización y enmiendas orgánicas contra el nemátodo del nudo *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de vivero. *Universalia*. 11:13-23.
- Bolaños E. 2007. Evaluación de prácticas de manejo de nemátodos parásitos en cultivos de en cultivos de guayabo en el Valle del Cauca. Plegable divulgativo. 300 p.
- Carlson, J. 2000. Three guys against the world's salt deserts. *Land Owner*. 22(1):3-6.
- Castillo, P. and Vovlas, N. 2008. *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. *Nematology Monographs and Perspectives*. Brill Academic Publishers. 529 p.
- Dropkin, V. H. 1980. *Introduction to plant nematology*. Wiley, J. and Sons Inc. New York. 293 p.
- Eisenback, J. A.; Hirschman, H.; Sasser, J. N. and Triantaphyllou, A. C. 1981. A guide to the four most species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) with a pictorial key, International *Meloidogyne* project. Raleigh, North Carolina. 48 p.
- Etchevers, B.; Espinoza, W. G. y Riquelme, E. 1971. *Manual de fertilidad y fertilizantes 2ª* (Ed.). Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile. 89 p.
- Glenn, E.; Lewis, T. and Moore, D. 1994. Synthesis of selected research results on *Salicornia bigelovii*. *Halophyte Enterprises, Inc.* 80 p.
- Glenn, E.; Hicks, N.; and Riley, J. 1995. *Seawater irrigation of halophytes for animal feed*. Environmental Research Laboratory, Tucson Arizona. 65 p.
- Glenn, E.; Brown, J. and O'Leary, J. 1998. Irrigating crops with seawater. *Scientific American*, 279:76-81.
- Guzmán P. O. A. y Castaño- Z. J. 2010. Identificación de nemátodos fitoparásitos en guayabo (*Psidium guajava* L.), en el municipio de Manizales (Caldas), Colombia. *Revista Académica Colombiana Científica*. 34(130):117-125.
- Hafez S. 2011. Sampling procedure to diagnose nematode infestations. *Ann. Rev. Phytopatol.* 11:29-35.
- Jhonson, S. R.; Ferris, V. R. and Ferris, J. M. 1972. Nematode community structure of forest woods lots I. Relationship bases on similarity coefficients of nematode species. *J. Nematol.* 4:175-183.
- Loff, P. A. 1979. The genus *Pratylenchus* Filipjev 1936 (nematoda: Pratylenchidae): a review of its anatomy, morphology distribution, systemics and identification. *Landbouwhogeschool, negeningen, the Netherlands*. 50 p.
- Luc, M. 1990. Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes a synopsis. *In*: plant parasitic. *Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Luc, M. and Sikora, J. (Ed.). CAB International. Londres. 1-44 pp.
- Mai, W. F. and Lyon, H. H. 1996. Pictorial key to genera of plant parasitic nematodes. 4th (Ed.). Cornell Uni. Press Ithaca and London. 219 p.
- Martínez, B. 1996. Producción agraria ecológica. *In*: *Revista de desarrollo rural y cooperativismo agrario*. Universidad de Zaragoza. 90 p.
- Mass, E. and Grieve, C. 1990. Salt tolerance of plants at different growth stages. *Proceeding of the International Conference*, Tardo, Jam, Pakistan. 20-30 pp.
- Mcsorley, R. 2003. Adaptations of nematodes to environmental extremes. *Florida Entomologist* 86(2):23-34.
- Moreno, D. R. 1978. Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrientes asimilables. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. 180 p.
- Mosquera A. 1997. Efecto de extractos vegetales y hongos patógenos en la población de nemátodos de guayaba *Psidium guajava* L. *Fitopatología Colombiana*. 21(2): 25-29.
- Mota, U. 1980. Las halófitas en el siglo XXI. *In*: primera reunión nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Monterrey, México. 495-500 pp.
- Mota, U. 1990. Seawater irrigation crops *Salicornia* (SOS-7) as an example. *The University of Arizona, Tucson Arizona*. 178 p.
- Norton, D. C. 2009. *Ecology of plant-parasitic nematodes*. John Wiley & Sons Inc. Blackwell Pub. New York, 268 p.
- O'Leary, J.; Glenn, E. and Watson, M. 1985. Agricultural production of halophytes irrigated with seawater. *Plant Soil*. 89(3):311-321.
- Ortega, A. y Castellanos, A. 1995. Estrategia para el manejo de la reserva de la biosfera el Vizcaino, Baja California Sur, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B. C. S. México. 276 p.
- Perry, R. and Moens, M. 2006. *Plant nematology*. CAB International. London. 447 p.
- Perry, R.; Moens, M. and Starr, J. 2009. *Root knot nematodes*. CAB International. London. 480 p.
- Rueda-Puente, E.; Castellanos, T.; Troyo-Diéguez, E.; Díaz de León-Álvarez, J. L. and Murillo-Amador, H. B. 2003. Effects of a nitrogen-fixing indigenous bacterium (*Klebsiella pneumoniae*) on the growth and development of the halophyte *Salicornia bigelovii* as a new crop for saline environments. *J. Agron. Crops Sci.* 18(3):323-334.

- Rueda-Puente, E.; Castellanos, T.; Troyo, E. and De León, J. 2004. Effect of *Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens* on the growth and development of two *Salicornia bigelovii* genotypes. *Aust. J. Exp. Agric.* 44:65-74.
- Rueda-Puente, E.; Barrón-Hoyos, J.; Tarazón-Herrera, M. y Preciado-Rangel, P. 2009. La salinidad: un problema o una opción para la agricultura? Editorial Plaza y Valdes. México D. F. 264 p.
- Ruehle, J. L. 1973a. Influence of plant parasitic nematodes on long leaf pine seedling. *J. Nematol.* 5:7-9.
- Ruehle, J. L. 1973b. Nematodes and forest trees, types of damage to trees roots. *Ann. Rev. Phytopatol.* 11:99-118.
- Román J. 1978. Fitonematología tropical. Colegio de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico. 256 p.
- Seinhorst, J. W. 1959. A rapid method for the transfer of nematodes from fixatine to anhydrous glycerin. *Nematologica.* 67-69.
- Sher, S. A. 1966. Revision of the Hoplolaiminae (nematoda) VI *Helicotylenchus* Steiner, 1945. *Nematológica.* 12:1-56.
- Sánchez, S. N. y Garduño, R. 2008. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. *Contacto S.* 68:5-10.
- Sánchez, S. N. y Garduño, L. R. 2008. Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. *Contactos.* 68:5-10.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1981. Alternativas alimentarias en la cuenca del Golfo de California. *In: VI simposio sobre el medio ambiente del Golfo de California.* SARH-INIFAP. Hermosillo, Sonora, México. 230 p.
- Siddiqui, M. R. 1970. On the plant parasitic nematodes genera *Merlinius* ge. N. and *Tylenchorhynchus* Cobb an the classification of the families Delichodoridae and Belonolaimidae N. *Rank Proc. Helminth. Soc. Wash.* 37(1):68-77.
- Siddiqui, R. 2001. *Tylenchida: parasites of plants and Insects.* CAB. International. London. 864 p.
- SPAC (Soil and Plant Analysis Council). 1992. *Handbook on reference methods for soil analysis.* Athens, GA, USA. 192 p.
- Taylor, A. 1968. *Introducción a la nematología vegetal aplicada. Guía de la FAO para el estudio y combate de los nemátodos parásitos de las plantas.* Roma. 131 p.
- Taylor, A. L. 1971. *Introducción a la nematología vegetal aplicada.* FAO. Roma: 131 p.
- Thorne, G. 1961. *Principles of nematology.* USA. McGraw-Hill- Book. Company. 547 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2014. http://plants.usda.gov/cgi_bin/topics.cgi?earl=plant_profile.cgi&symbol=SABI&photoID=sabi_001_avd.tif.
- Yeates, G. W. 1979. Soil nematodes in terrestrial ecosystem *J. Nematol.* 11:213-229.