

IBCIENCIAS IBCIENCIAS IBCIENCIAS



IBCIENCIAS



www.biociencias.unach.mx/ibciencias



Volumen 4 · Número 1 · Junio · 2021

Revista científica electrónica

Instituto de Biociencias de la Universidad Autónoma de Chiapas, México



Volumen 4 · Número 1 · Junio · 2021

www.biociencias.unach.mx/ibciencias

IBCIENCIAS, volumen 4, número 1, Enero-Junio 2021, es una revista científica digital de publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Chiapas, a través del Instituto de Biociencias, Boulevard Príncipe Akishino sin número, Col. Solidaridad 2000, Tapachula, C.P. 30798, Chiapas, México. Tel. (962) 64 2 7972, www.biociencias.unach.mx/ibciencias, ibciencias.revista@gmail.com. Editor responsable: Dr. Alfredo Vázquez Ovando. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2019-053014202300-01, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número Dr. Alfredo Vázquez Ovando; Boulevard Príncipe Akishino sin número, Col. Solidaridad 2000, Tapachula, C.P. 30798, Chiapas, México.

CONTENIDO

Junio de 2021 / Vol 4 / Num 1

- 1-8** **Contribución al conocimiento de *Pinguicula oblongiloba* (Lentibulariaceae) en Aguascalientes, México: distribución, morfología y visitantes florales.** Cristina Benavente-Romo, Manuel Higinio Sandoval-Ortega.
- 9-13** **Actividad nematocida *in vitro* de tres cepas de hongos comestibles de *Pleurotus* spp. contra *Haemonchus contortus* (L3) y *Nacobbus aberrans* (J2).** Susan Fabiola Sánchez-Salgado, Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez, José E. Sánchez, Olga Gómez-Rodríguez, Iván Morales-Soto, Liliana Aguilar-Marcelino.



Volumen 4 · Número 1 · Junio · 2021

www.biociencias.unach.mx/ibciencias



ARTÍCULO CORTO

Contribución al conocimiento de *Pinguicula oblongiloba* (Lentibulariaceae) en Aguascalientes, México: distribución, morfología y visitantes florales

Cristina Benavente-Romo, Manuel Higinio Sandoval-Ortega*

Departamento de Biología, Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Resumen

En Aguascalientes, México se habían reportado dos especies del género *Pinguicula*: *P. oblongiloba* y *P. moranensis*. El objetivo del presente estudio fue corroborar la presencia de ambas especies en el estado y dar a conocer su distribución, morfología y algunos de sus visitantes florales. Se consultó el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes para identificar las localidades donde se han colectado ejemplares de género *Pinguicula*, con las que se elaboró un mapa de distribución y se seleccionaron dos sitios para la captura de visitantes florales: la estación biológica Agua Zarca, en San José de Gracia y Los Alamitos, en Calvillo. En Aguascalientes, el género *Pinguicula* está representado por *P. oblongiloba*, que ha sido registrada en los municipios Calvillo y San José de Gracia, de los 2000 a 3000 m.s.n.m. Se identificaron un total de ocho distintos visitantes florales, principalmente lepidópteros de las familias Hesperidae, Pieridae, Nymphalidae y Lycaenidae, dípteros pertenecientes a la familia Bombyliidae y al género *Dipalta*, así como coleópteros de la familia Curculionidae. Este es el primer trabajo sobre la biología de *P. oblongiloba* en Aguascalientes, pero es necesario realizar más estudios que determinen otros aspectos como sus polinizadores y principales presas.

Palabras clave:

Dipalta
Lepidoptera
Pieridae
Pinguicula moranensis
Polinizadores

Keywords:

Dipalta
Lepidoptera
Pieridae
Pinguicula moranensis
Pollinators

Contribution to the knowledge of *Pinguicula oblongiloba* (Lentibulariaceae) in Aguascalientes, Mexico: distribution, morphology and floral visitors

Abstract

Two species of the genus *Pinguicula* had been reported: *P. oblongiloba* and *P. moranensis* in Aguascalientes, Mexico. Corroborate the presence of both species in Aguascalientes and to make known their distribution, morphology and some of their floral visitors are the main objective. The herbarium of the Autonomous University of Aguascalientes was consulted to identify localities where specimens of the genus *Pinguicula* have been collected, with which a distribution map was prepared and two sites were selected to capture floral visitors: the Agua Zarca biological station, in San José de Gracia and Los Alamitos, in Calvillo. In Aguascalientes, the genus *Pinguicula* is represented by *P. oblongiloba*, which has been registered in the municipalities of Calvillo and San José de Gracia, from 2000 to 3000 m.o.s.l. A total of eight different floral visitors were identified, mainly lepidoptera of the families Hesperidae, Pieridae, Nymphalidae and Lycaenidae, diptera belonging to the family Bombyliidae and the genus *Dipalta*, and coleoptera, belonging to the family Curculionidae. This is the first work on the biology of *P. oblongiloba* in Aguascalientes, but more studies are needed to determine other aspects such as its pollinators and main prey.

* Autor para correspondencia:

Departamento de Biología,
Centro de Ciencias Básicas,
Universidad Autónoma de
Aguascalientes.
Avenida Universidad 940,
Ciudad Universitaria,
Código Postal 20131.
Aguascalientes,
Aguascalientes, México.
Teléfono: + 52 4499107400
ext. 334.
Correo-electrónico:
m.higinio.s@hotmail.com

1. Introducción

A nivel mundial, la familia Lentibulariaceae Rich. está constituida por tres géneros: *Pinguicula* L., *Genlisea* A. St.-Hil. y *Utricularia* L., que suman en total 350 especies aproximadamente (Stevens, 2001), las cuales están adaptadas a suelos pantanosos, ácidos y/o con grandes cantidades de materia orgánica y se caracterizan por ser herbáceas, pequeñas e insectívoras (Pietropalo y Pietropalo, 1986). En México, la familia Lentibulariaceae está representada por los tres géneros, con un total aproximado de 62 especies (Villaseñor, 2016).

Actualmente, para el género *Pinguicula* se reconocen alrededor de 80 a 85 especies distribuidas en todos los continentes, con excepción de Oceanía (Stevens, 2001; Zamudio-Ruiz, 2005). La mayor parte de la diversidad del género se encuentra en el centro de América, incluyendo las islas del Mar Caribe (Basso, 2009; Legendre, 2000). En México, este género se distribuye a lo largo del país con un total de 41 especies, de las cuales 38 son endémicas (Pérez-Sánchez, 2015; Villaseñor, 2016). En Aguascalientes, se han reportado dos especies: *P. oblongiloba* A. DC. y *P. moranensis* Kunth (García-Regalado et al., 1999; González, 2004), no obstante, debido a la similitud morfológica que existe entre estos dos taxones, es necesario revisar los ejemplares colectados y corroborar la presencia de ambas especies en el estado.

Se sabe poco acerca de la biología reproductiva del género *Pinguicula*. Algunas de las pocas especies para las que se han estudiado los visitantes florales y polinizadores potenciales son *Pinguicula alpina* L., *P. longifolia* Ramond ex. DC. y *P. vulgaris* L. (García et al. 1994; Molau, 1993), del viejo mundo, así como *P. ionantha* R.K. Godfrey, *P. lutea* Walter y *P. planifolia* Chapm. del nuevo mundo (Molano et al. 2018). En México, los visitantes florales de este género han sido estudiados únicamente para *Pinguicula moranensis* Kunth (Villegas y Alcalá, 2018).

Un visitante floral es todo aquel animal que tenga alguna interacción con las flores, usualmente en busca de néctar, polen, refugio, calidez, perfumes florales, aceites o resinas, o incluso oportunidades reproductivas cuando las flores imitan posibles parejas (Inouye, 2013; Simpson y Neff, 1983; Willmer, 2011). Sin embargo, no todos los visitantes florales son polinizadores, ya que algunos de estos pueden aprovechar los recursos florales sin llevar a cabo la polinización (Inouye, 2013). En las angiospermas, la polinización consiste en el transporte de los granos de polen desde los sacos polínicos de las anteras hasta el estigma, teniendo como resultado la fecundación, cuando el tubo polínico proveniente del polen llega al óvulo; dicho transporte de polen puede ser realizados por distintos agentes denominados vectores de polinización (Aguado et al., 2017; FAO, 2014; Willmer, 2011).

Aunque existen vectores abióticos como el agua y el viento, más del 90% de la polinización es realizado por animales (Marks, 2005; Ollerton et al., 2011). Los mamíferos, aves y al menos una especie de reptil han sido registrados como

polinizadores, pero sin duda el principal grupo que lleva a cabo esta función en los ecosistemas son los insectos (Aguado et al., 2017; Inouye, 2013; Kevan, 2008; Willmer, 2011). En términos ecológicos, estudiar la polinización ayuda a entender las interacciones insecto-planta y su coevolución mediante selección natural, así pues, los estudios que se centran en la polinización a menudo sustentan teorías ecológicas y evolutivas (Inouye, 2013; Mitchell et al., 2009; Willmer, 2011).

Existen pocos estudios acerca de la ecología del género *Pinguicula* en México y están dedicados principalmente a *P. moranensis* Kunth (Díaz-Osotio et al., 2016; Rueda-Almazan et al., 2021; Villegas y Alcalá, 2018), la especie con más amplio rango de distribución en el país (Zamudio-Ruiz, 2005; Villaseñor, 2016). Sin embargo, a la fecha no existen estudios sobre *P. oblongifolia*, que es endémica de México y se ha reportado para Aguascalientes, Chihuahua, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa, Sonora y Zacatecas (Villaseñor, 2016; Zamudio-Ruiz, 2005). Dada su importancia biológica y comercial, es necesario realizar estudios que den a conocer la distribución de este género en el estado, así como aspectos de su biología como visitantes florales, polinizadores y principales organismos de los que se alimenta.

El objetivo del presente trabajo fue corroborar la presencia de *P. moranensis* y *P. oblongiloba* en Aguascalientes, México y dar a conocer su distribución dentro del estado, su morfología y algunos de sus visitantes florales.

2. Materiales y métodos

2.1. Consulta de herbario, selección de sitios de muestreo y colecta de material vegetal

Se consultaron los ejemplares de *P. oblongiloba* depositados en el Herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA), para identificar las localidades en las que se han colectado ejemplares de esta especie dentro del estado. Con base a lo anterior, se eligieron dos sitios de muestreo: La estación biológica Agua Zarca de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (EBAZ) y presa Los Alamitos, los cuales se encuentran separados por la provincia biogeográfica Tierras bajas del Pacífico y presentan condiciones climáticas distintas (Figura 1).

La EBAZ se localiza en el municipio San José de Gracia, al noroeste del estado, dentro del área natural protegida Sierra Fría, a una altura de 2200 a 2350 m.s.n.m., donde predomina la vegetación templada y clima de tipo C(w0) (INEGI, 2008; Martínez et al., 2018).

Por su parte, la presa Los Alamitos, se localiza en el municipio Calvillo, al suroeste del estado, en Sierra del Laurel, a una altura de 2300 a 2400 m.s.n.m., donde también predomina la vegetación templada, pero posee clima de tipo C(w1)(w) (INEGI, 2008; Medina-Torres et al., 2008).

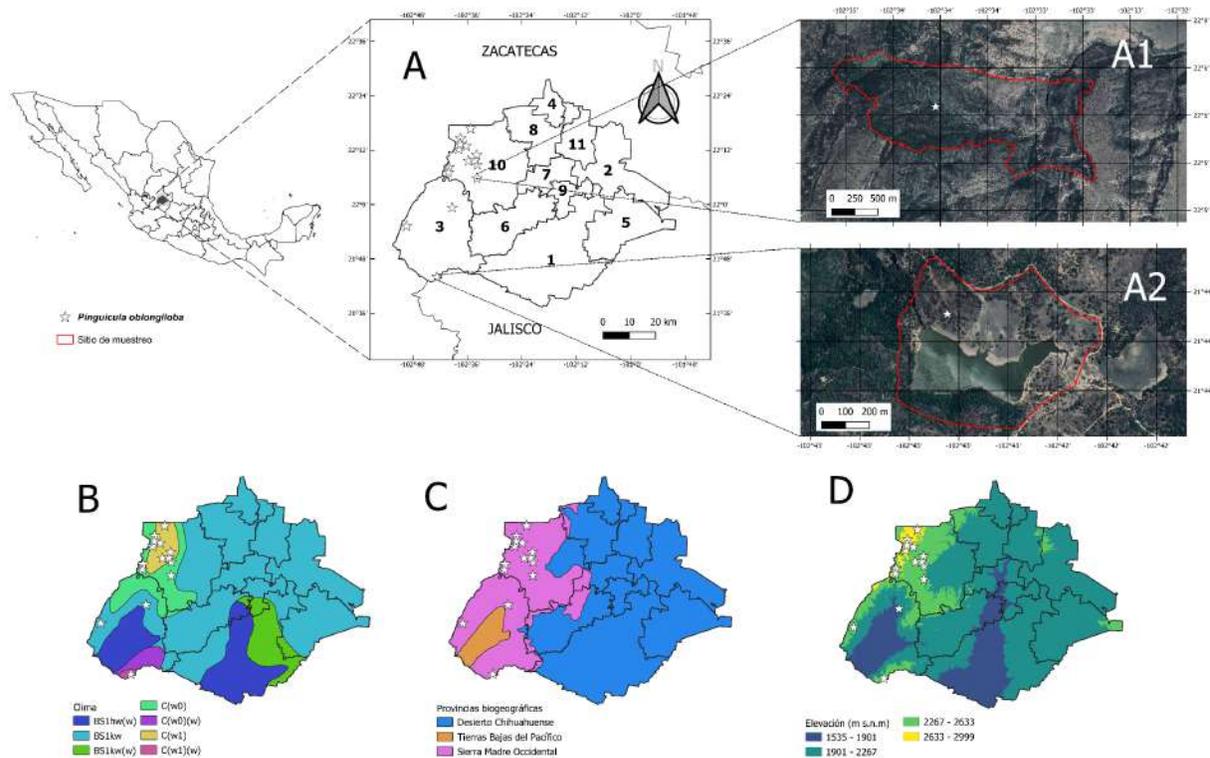


Figura 1. Distribución de *Pinguicula oblongiloba* en el estado de Aguascalientes, México. A: Municipios del estado de Aguascalientes, 1= Aguascalientes, 2= Asientos, 3= Calvillo, 4= Cosío, 5= El Llano, 6= Jesús María, 7= Pabellón de Arteaga, 8= Rincón de Romos, 9= San Francisco de los Romo, 10= San José de Gracia, 11= Tepezalá. A1: Estación Biológica Agua Zarca. A2: Presa Los Alamitos. B: Climas. C: Provincias biogeográficas. D: Elevación.

En cada sitio, se colectaron ejemplares utilizando la metodología propuesta por Engelmann (1986) y se identificaron con la bibliografía especializada (Calderón, 2005; Zamudio-Ruiz, 2005). El material colectado fue depositado en el herbario HUAA. Con base en las colectas y el material de herbario consultado, se realizó una descripción morfológica de *P. oblongiloba* siguiendo la secuencia de órganos utilizada por Zamudio-Ruiz (2005), acompañada de una lámina con fotografías que muestran el hábito y características morfológicas importantes para su identificación. Las poblaciones de *P. oblongiloba* en las dos localidades seleccionadas se monitorearon mensualmente durante un año, de diciembre 2018 a diciembre 2019, para determinar la duración de la roseta de invierno y la época de floración.

Se elaboró un mapa de distribución de *P. oblongiloba* en Aguascalientes con el programa QGIS v. 2.28.4 (QGIS, 2017), utilizando información climatológica (INEGI, 2008), de elevación (INEGI, 2013) y biogeográfica (Morrone et al., 2017), con base en los datos tomados en campo y la latitud y longitud señaladas en los ejemplares de herbario consultados; aquellos que no contaban con esa información se les asignaron coordenadas con base en la localidad de colecta por medio del programa Google Earth Pro (Google Earth, 2019).

2.2. Captura e identificación de visitantes florales

El monitoreo de visitantes florales se llevó a cabo mensualmente de mayo a agosto de 2019, desde las 10:00 a las 13:00 horas, horario de mayor actividad para los visitantes florales diurnos (Villegas y Alcalá 2018). Los visitantes fueron capturados con una red entomológica y cámara letal, siguiendo la metodología propuesta por Márquez (2005). Los organismos capturados fueron montados siguiendo la metodología propuesta por Andrade et al. (2013) e identificados mediante bibliografía especializada (Beutelspacher y Home, 1984) con ayuda de un microscopio estereoscópico Leica EZ4 E (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemania). Los ejemplares identificados fueron cotejados con material depositado en la Colección Zoológica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (CZUAA) y depositados en la misma.

3. Resultados

3.1. Distribución del género *Pinguicula* en el estado de Aguascalientes

Hasta el momento, en Aguascalientes, *P. oblongiloba* es el único representante de este género que ha sido colectado dentro del estado y se ha registrado en los municipios: Calvillo, Rincón de Romos y San José de Gracia, en un rango

de altura que va desde los 2000 hasta los 3000 m.s.n.m. (Figura 1). En lugares húmedos como orilla de arroyos, en vegetación templada, principalmente en bosque de *Quercus*.

3.2. Morfología

Pinguicula oblongiloba A. DC., Prodr. 8: 27. 1844.

Roseta de invierno compacta, hipogea (Figura 2A) con hojas externas escariosas, internas (20)35-60, succulentas, lanceoladas, 10-15(20) × 2-6 mm (Figura 2B), que pueden presentar brotes axilares (Figura 2C); hojas de roseta de verano 2-3(8) (Figura 2D), pecioladas, peciolo 15-30(40) mm de longitud, ciliado, láminas suborbiculares, anchamente ovadas u oblongo-elípticas, margen involuto, 25-50(70) × 20-50(60) mm, verdes a púrpuras; flores pedunculadas, solitarias (Figura 2E), pedúnculo (30)50-150 mm de largo,

cáliz bilabiado, persistente, acrescente, labio superior 3-lobado, inferior 2-lobado, lóbulos triangular lanceolados a lanceolados, 2-5 × 1-2(3) mm, los superiores de mayor tamaño que los inferiores, ápice agudo, corola bilabiada, rosa a púrpura, con una mancha blanca en la garganta que se extiende ligeramente a la base del labio inferior, labio superior 2-lobado, lóbulos oblongo elípticos, los del labio superior, 7-10(15) × 3-5 mm, ápice obtuso a redondeado, los del labio inferior 10-15(20) × 3-5(7) mm, el lóbulo medio de mayor longitud que los laterales, ápice obtuso a redondeado, (Figura 2F), espolón cilíndrico y ligeramente curvo, 20-30(35) mm de longitud (Figura 2G); fruto una cápsula globosa, 3-5 mm de diámetro, (Figura 2H) que se abre por medio de valvas al madurar; semillas elipsoidales, extremos constreñidos, ca. 0.5 mm de longitud, superficie reticulada (Figura 2I).

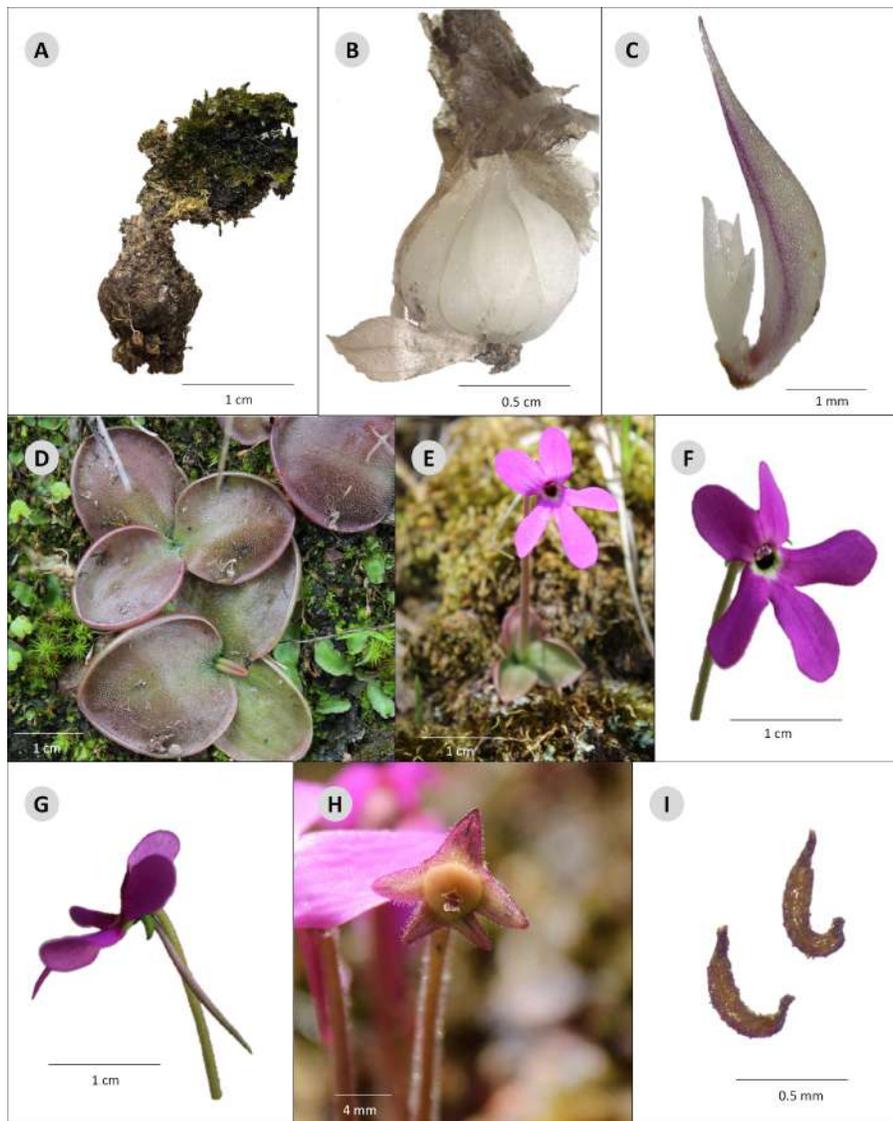


Figura 2. *Pinguicula oblongiloba* DC. A: Roseta de invierno cubierta por sustrato. B: Roseta de invierno expuesta. C: Hoja de roseta de invierno con brote axilar. D: Roseta de verano. E: Flor en roseta de verano con hojas inmaduras. F: Detalle de flor. G: Vista lateral de flor y espolón de la corola. H: Detalle de fruto con cáliz persistente. I: Semillas.

Ejemplares examinados

México, Aguascalientes, municipio Calvillo, La Ciénega, 21°55'13.58"N 102°49'25.23"W, *González-Adame 300* (HUAA); Presa Los Alamitos, 21°43'59.2"N 102°42'44.9"W, *Benavente-Romo SN* (HUAA). Municipio San José de Gracia, Mesa El Águila, Sierra de San Blas de Pabellón, 22°12'54.85"N 102°36'16.67"W *García-Regalado 2228* (HUAA); barranca Juan Francisco, Sierra de San Blas de Pabellón, 22°12'37.4"N 102°37'56.7"W, *García-Regalado 2318* (HUAA); El Jagüey, 21°58'07.1"N 102°40'01.2"W, *García-Regalado 2586* (HUAA); 15 km de la desviación a La Congoja, *De la Cerda-Lemus y García-Regalado 2494* (HUAA); 2 km al W de La Congoja, *García-Regalado 4195* (HUAA); Presa La Araña, 22°13'22.81"N 102°37'28.32"W, *González-Adame 422* (HUAA); extremo NE de barranca Masitas, 22°09'03"N 102°34'21"W, *González-Adame 391* (HUAA); sur del rancho La Araña, 22°13'17.4"N 102°37'36.5"W, *González-Adame 200* (HUAA); arroyo Masitas, 22°09'36.8"N 102°35'49.2"W, *González-Adame 395* (HUAA); rancho El Paraíso, Sierra Fría, 22°08'13"N 102°40'05"W, *González-Adame 404* (HUAA); rancho El Sinaí, Sierra Fría, 22°07'02"N 102°40'12"W, *González-Adame 416* (HUAA); 2 km al W de

La Congoja, 22°09'39.2"N 102°34'37.9"W, *García-Regalado 4195* (HUAA); Rinconada Rincón de Calao, 25 km al N-NW de Boca de Túnel de Potrerillo, 22°16'44"N 102°35'19"W, *Sierra-Muñoz 311* (HUAA); paraje Don Pepe, 22°09'59.0"N 102°34'15.0"W, *González-Adame 396* (HUAA); Estación Biológica Agua Zarca, 22°05'45.3"N 102°33'55.8"W, *Benavente-Romo SN* (HUAA).

El periodo de floración de *P. oblongiloba* comienza a finales de mayo, cuando las hojas de verano son muy jóvenes y termina a finales de agosto, cuando la mayor parte de los frutos han madurado y liberado las semillas. Asimismo, la máxima longitud foliar de las hojas de verano tiene lugar durante los meses de septiembre a noviembre, después del periodo de floración. La roseta de invierno se desarrolla completamente en diciembre y permanece hipogea hasta finales de mayo.

3.3. Visitantes florales

Se identificaron un total de ocho distintos visitantes florales de *P. oblongiloba* correspondientes a los órdenes Lepidoptera, Diptera y Coleoptera (Cuadro 1).

Cuadro 1. Visitantes florales de <i>Pinguicula oblongiloba</i> en Aguascalientes, México.				
Orden	Familia	Especie	Localidad	Fecha
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Lerema accius</i> (J.E. Smith, 1797)	EBAZ	25-jun
	Pieridae	<i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval, 1836)	SL	26-ago
		<i>Nathalis iole</i> (Boisduval, 1836)	SL	26-ago
	Nymphalidae	<i>Vanessa virginensis</i> (Drury, 1773)	SL	25-jul
	Lycaenidae	<i>Cupido amyntula</i> (Boisduval, 1852)	SL	25-jul
	Nymphalidae	<i>Texola perse</i> (W. H. Edwards, 1882)	EBAZ	25-jun
Diptera	Bombyliidae	<i>Dipalta</i> sp.	EBAZ, SL	25-jun, 15-jul
Coleoptera	Curculionidae		EBAZ, SL	25-jun, 15-jul

Localidad: EBAZ= Estación Biológica Agua Zarca, San José de Gracia. SL= Sierra del Laurel, Calvillo.

Lepidoptera es el orden al que pertenece el mayor número de especies, que corresponden a cuatro familias: Hesperiidae, Pieridae, Nymphalidae y Lycaenidae, de las cuales Pieridae fue la mejor representada con un total de dos especies, mientras que para el resto de las familias se observó solo una. En la EBAZ se identificaron cuatro visitantes florales: *Lerema accius* de la familia Hesperiidae, *Texola perse* (Figura 3B) de la familia Nymphalidae, *Dipalta* sp. de la familia Bombyliidae y una especie de la familia Curculionidae. Mientras que, en Sierra del Laurel, se identificaron seis visitantes florales: *Leptophobia aripa* (Figura 3C) y *Nathalis iole* (Figura 3E) de la familia Pieridae; *Vanessa virginensis* (Figura 3A) de la familia Nymphalidae, *Cupido amyntula* (Figura 3D) de la familia Lycaenidae, *Dipalta* sp. (Figura 3F) de la familia Bombyliidae y también una especie de la familia Curculionidae.

4. Discusión

En México están presentes 41 de las 85 especies existentes del género *Pinguicula*, de las cuales 36 son endémicas del país, incluyendo *P. oblongiloba*, la cual se distribuye en el

occidente de México (Villaseñor, 2016; Zamudio-Ruiz, 2005). Anteriormente se habían reportado dos especies del género *Pinguicula* en Aguascalientes: *P. oblongiloba* y *P. moranensis* (García-Regalado et al., 1999; González, 2004; Villaseñor, 2016), sin embargo, tras haber examinado los ejemplares de herbario y la morfología de varios individuos en las localidades de estudio, se determinó que *P. oblongiloba* es la única especie que ha sido colectada en el estado, pese a que *P. moranensis* es la especie más común y de mayor rango de distribución en el país (Zamudio-Ruiz, 2005; Villaseñor, 2016).

De acuerdo con Zamudio-Ruiz (2005), *P. oblongiloba* es una planta de distribución amplia y poblaciones abundantes, que por el momento no se encuentra en peligro, pese a ser una especie endémica del país con importancia económica, ya que son ampliamente comercializadas (Basso, 2009; Jennings y Rohr, 2010).

La corola de *P. oblongiloba*, como en el resto de las especies del género, presenta un espolón cilíndrico y curvo, y al igual que otras especies que presentan dicha estructura como en el género *Tropaeolum* L. (Tropaeolaceae), *Disa* P.J. Bergius

(Orchidaceae), *Brachyotum* (A.DC.) *Triana* (Melastomataceae), *Aquilegia* L. (Ranunculaceae) y *Dactylorhiza* Neck. ex Nevski (Orchidaceae), son polinizadas por animales con una lengua o probóscide de longitud proporcional al espolón (Johnson y Steiner, 1997; Sletvold et al., 2010; Stiles et al., 1992; Whittall y Hodges, 2007). Asimismo, se ha reportado que las flores de los tres géneros de la familia Lentibulariaceae son visitados por insectos diurnos, principalmente himenópteros, lepidópteros y dípteros que poseen una larga probóscide para acceder al néctar (Aranguren et al., 2018; García et al., 1994; Piachno et al., 2016).

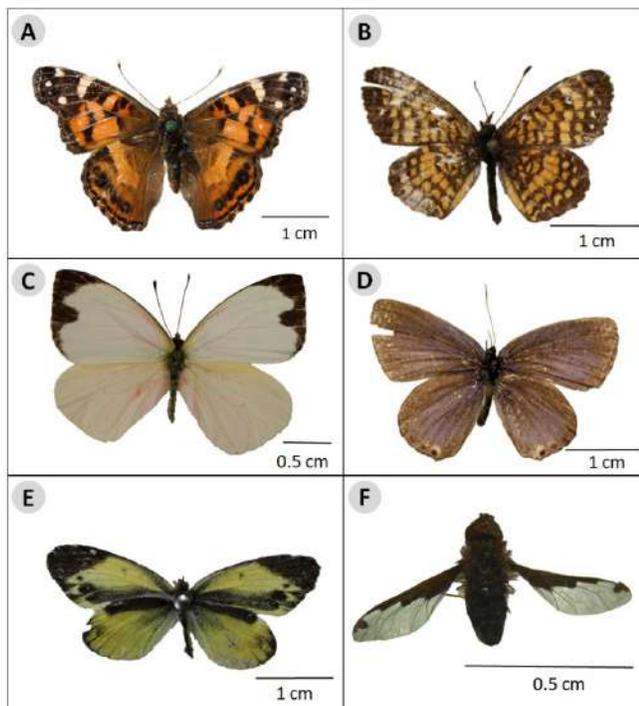


Figura 3. Visitantes florales de *Pinguicula oblongiloba*. A: *Vanessa virginensis*, B: *Texola perse*, C: *Leptophobia aripa*, D: *Cupido amyntula*, E: *Nathalis iole*, F: *Dipalta* sp.

En ambos sitios de estudio se observó que el periodo de floración de *P. oblongiloba* inició antes de que las hojas de verano alcanzaran su máxima longitud, generalmente cuando la roseta de verano comenzaba a desarrollarse, esto puede deberse a que de esta manera se evita que los polinizadores sean capturados por las hojas, aumentando así las probabilidades de que la polinización se lleve a cabo (García et al., 1994).

Se ha reportado que las flores de especies europeas del género *Pinguicula*, tales como *P. alpina*, *P. vulgaris* y *P. longifolia* son visitadas principalmente por himenópteros y dípteros de larga probóscide (García et al., 1994; Molau, 1993), tal y como sucede con especies norteamericanas como *P. planifolia*, *P. ionantha* y *P. lutea*, para estas dos últimas se menciona además que sus flores son visitadas por lepidópteros (Molano et al., 2018). En México, el mayor

número de visitantes florales de *P. moranensis* corresponden a lepidópteros y en menor número a himenópteros, mientras que para el orden Diptera solo se reporta el género *Sphaerophoria* de la familia Syrphidae (Villegas y Alcalá, 2018). En Aguascalientes, los visitantes florales de *P. oblongiloba* corresponden principalmente a lepidópteros de las familias Hesperidae, Pieridae, Nymphalidae y Lycaenidae, mismas que Villegas y Alcalá (2018) reportan como visitantes florales de *P. moranensis*, esto probablemente debido al gran parecido morfológico que comparten las flores de ambas especies (Zamudio-Ruiz, 2005). Por otro lado, los visitantes del orden Diptera, corresponden a la familia Bombyliidae y al género *Dipalta*, que pese a no ser reportado como visitante floral de *P. moranensis*, la familia Bombyliidae si lo ha sido para la especie europea *P. longifolia* (García et al., 1994). Cabe mencionar que los dípteros de la familia Bombyliidae usualmente tienen una probóscide larga para extraer el néctar de las flores (Johnson y Steiner, 1997) y en su etapa adulta son polinizadores muy eficientes, capaces de transportar el polen en su tórax cubierto de pelo (Molau, 1993; Motten et al., 1981).

Aun cuando los himenópteros son reportados como visitantes florales de especies del género *Pinguicula*, ningún representante de este orden fue observado en ambas localidades de estudio; no obstante, no se descarta que organismos pertenecientes a la familia Apidae y al género *Bombus* visiten las flores de *P. oblongiloba*, ya que han sido reportados para *P. longifolia* y *P. moranensis* (García et al., 1994; Villegas y Alcalá, 2018) y están presentes en Aguascalientes (Abrahamovich et al., 2004).

Las familias de lepidópteros registradas en este estudio, tienen una amplia distribución en el estado de Aguascalientes (Beutelspacher y Home, 1984), y el género *Dipalta*, también se distribuye ampliamente en el centro de la República (Ávalos, 2007), por lo que debe evaluarse mediante técnicas especializadas la posibilidad de que sean polinizadores de *P. oblongiloba*, así como de otras especies de *Pinguicula* presentes en el país, tales como el muestreo de polen en el cuerpo de los visitantes y la viabilidad del mismo.

Este trabajo representa un primer acercamiento al estudio de los visitantes florales de *P. oblongiloba* en Aguascalientes. No obstante, es necesario llevar a cabo un análisis de sus principales presas, así como un estudio enfocado exclusivamente a los potenciales polinizadores de esta planta carnívora, con un mayor esfuerzo de muestreo que permita determinar la frecuencia de visita.

Agradecimientos

Al equipo de la Colección Biológica de la UAA por su ayuda en la identificación de insectos y el préstamo de equipo. A Rigoberto Romo Serna, Carlos Valdivia Muñoz, Osmar Malacara Figueroa, Eduardo Cabello González, José Antonio Benavente Betancourt y Martha Romo Ruiz por su apoyo durante las colectas y el desarrollo de este proyecto.

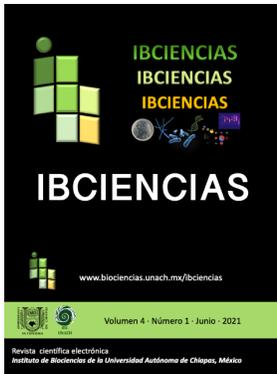
Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Abrahamovich A, Díaz N, Morrone J. 2004. Distributional patterns of the Neotropical and Andean species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). *Acta Zoológica Mexicana* 20(1): 99-117.
- Aguado L, Fereres A, Viñuela E. 2017. Guía de campo de los polinizadores de España. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España.
- Andrade M, Henao E, Triviño P. 2013. Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. *Revista Académica Colombiana Científica* 38(144): 311-325.
- Aranguren Y, Plachno BJ, Stpiczyńska M. 2018. Reproductive biology and pollination of the carnivorous *Genlisea violacea* (Lentibulariaceae). *Plant Biology* 20(3): 591-601.
- Ávalos O. 2007. Bombyliidae (Insecta: Diptera) de Quilamula en el área de reserva Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 23(1): 139-169.
- Basso G. 2009. The Mexican *Pinguicula*. *Associazione Italiana Piante Carnivore Magazine* 14(SI-3): 1-65.
- Beutelspacher C, Home W. 1984. Mariposas de México. Ediciones científicas La Prensa Médica Mexicana. México, D.F.
- Calderón G. 2005. *Pinguicula* L. En: Flora Fanerogámica del Valle de México. Segunda edición. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro. Pp.714-717.
- Díaz-Osorio AC, Bonilla-Díaz C, Ramos-Moreno Valle J, Sánchez-López A, Sandoval-Ruiz CA. 2016. *Entomología Mexicana* 3: 596-601.
- Engelmann G. 1986. Instructions for the collection and preservation of botanical specimens. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 73(3): 504-507.
- FAO. 2014. Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sustentable en países de Latinoamérica y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Santiago, Chile.
- García M, Antor R, Villar L. 1994. Phenomorphology and reproductive biology of *Pinguicula longifolia* Ramond ex DC. subsp. *longifolia* (Lentibulariaceae), a carnivorous endemic plant of the Pyrenees. *Acta Botanica Gallica* 141(3): 343-349.
- García-Regalado G, Rosales-Carrillo O, de la Cerda-Lemus M, Siqueiros-Delgado ME. 1999. Listado florístico del estado de Aguascalientes. *Scientiae Naturae* 1(2): 5-51.
- González, G. 2004. Lentibulariaceae. *Scientiae Naturae* 6(2): 150-153.
- Google Earth. 2019. Google Earth, versión 7.3. Mountain View, EUA. <https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html> (Fecha de consulta 20 de enero de 2020).
- INEGI. 2008. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1 000 000. Unidades climáticas. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568> (Fecha de consulta 19 de mayo 2019).
- INEGI. 2013. Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0). <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> (Consultado 19 de mayo 2019).
- Inouye, DW. 2013. Pollinators, the role of. En: Levin SA (ed). *Encyclopedia of Biodiversity*, second edition. Academic Press. EUA. Pp. 140-146.
- Jennings DE, Rohr JR. 2010. A review of the conservation threats to carnivorous plants. *Biological Conservation* 144: 1356-1363.
- Johnson SD, Steiner KE. 1997. Long tonged fly pollination and evolution of floral spur length in the *Disa draconis* Complex (Orchidaceae). *Evolution* 51(1): 45-53.
- Kevan PG. 2008. Pollination and Flower Visitation. En: Capinera JL (ed). *Encyclopedia of Entomology*. Springer. Netherlands. Pp. 2960-2971.
- Legendre L. 2000. The genus *Pinguicula* L. (Lentibulariaceae): An overview. *Acta Botanica Gallica* 147: 77-95.
- Márquez J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 27: 385-408.
- Martínez J, Rosales O, Silva M, Escoto J, Escoto J, Tafoya F, Villalobos G, Delgado L, Sigala J, Encarnación A, Sicala E, Ayala J, Rosales R, Villalobos I, Esparza C, Franco C, Herrera A, De la Riva G, Franco V, García P. 2018. Biodiversidad de la estación biológica Agua Zarca. 1a. Edición. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- Marks, R. 2005. Leaflet 34: Native Pollinators. Natural Resources Conservation Wildlife Habitat Council Service. Washington DC, EUA.
- Medina-Torres SM. 2008. El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus couesi*) y su hábitat en la Sierra del Laurel, Aguascalientes. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. México.
- Mitchell RJ, Irwin ER, Flanagan RJ, Karron JD. 2009. Ecology and evolution of plant-pollinator interactions. *Annals of Botany* 103: 1355-1363.
- Molano B, Primer S, Annis J, Feist M, Coons J, Digges R. 2018. Reproductive ecology of three rare North American *Pinguicula* species. *Plant Species Biology* 33(2): 129-139.
- Molau U. 1993. Reproductive ecology of the three Nordic *Pinguicula* species (Lentibulariaceae). *Nordic Journal of Botany* 13: 149-157.
- Morrone J, Escalante T, Rodríguez-Tapia G. 2017. Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa* 4277(2): 277-279.
- Motten AF, Campbell DR, Alexander DE, Miler HL. 1981. Pollination effectiveness of specialist and generalist visitors to a North Carolina population of *Claytonia virginica*. *Ecology* 62: 1278-1287.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.
- Pérez-Sánchez J, Reyero-Saavedra R, Pozos-Ruiz Y, Verastegui-Vidal M, Ortiz-Montiel JG. 2015. Propagación *in vitro* de *Pinguicula moranensis* H.B.K. var. *neovolcanica* Z. *Revista Bio Ciencias* 4(3): 179-188.

- Pietropalo J, Pietropalo P. 1986. Carnivorous plants of the world. Timber Press. Portland, EUA.
- Plachno BJ, Stpiczyńska M, Świątek P, Davies KL. 2016. Floral micromorphology of the Australian carnivorous bladderwort *Utricularia dunlopii*, a putative pseudocopulatory species. *Protoplasma* 253: 1463-1473.
- QGIS. 2017. Quantum GIS Geographic Information System v.2.28.4. Quantum GIS Development Team. Open-Source Geospatial Foundation Project. Vienna, Austria.
- Rueda-Almazán JE, Hernández VM, Alcalá-Martínez JR, Fernández-Duque A, Ruiz-Aguilar M, Alcalá RE. 2021. Spatial and temporal differences in the community structure of endophytic fungi in the carnivorous plant *Pinguicula moranensis* (Lentibulariaceae). *Fungal Ecology* 53: 101087.
- Simpson BB y Neff JL. 1983. Evolution and diversity of floral rewards. En: Jones CE, Little RJ (eds). *Handbook of Experimental Pollination Biology*. Van Nostrand Reinhold Co. EUA. Pp 142-159.
- Sletvold N, Grindeland J, Ågren J. 2010. Pollinator-mediated selection on floral display, spur length and flower phenology in the deceptive orchid *Dactylorhiza lapponica*. *New Phytologist* 188: 385-392.
- Stevens PF. 2001. Angiosperm phylogeny website. Versión 14 de Julio 2017. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Fecha de consulta 16 de diciembre de 2019.
- Stiles F, Ayala A, Girón M. 1992. Polinización de las flores de *Brachyotum* (Melastomataceae) por dos especies de *Diglossa* (Emberizidae). *Caldasia* 17(1): 47-54.
- Villaseñor JL. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(3): 559-902.
- Villegas SG, Alcalá RE. 2018. Reproductive ecology of the carnivorous plant *Pinguicula moranensis* (Lentibulariaceae). *Plant Biology* 20(2): 205-212.
- Whittall J, Hodges S. 2007. Pollinator shifts drive increasingly long nectar spurs in columbine flowers. *Nature* 447: 706-710.
- Willmer P. 2011. *Pollination and Floral Ecology*. Princeton University Press. EUA.
- Zamudio-Ruiz S. 2005. Lentibulariaceae. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 136: 1-61.



Actividad nematocida *in vitro* de tres cepas de hongos comestibles de *Pleurotus* spp. contra *Haemonchus contortus* (L3) y *Nacobbus aberrans* (J2)

Susan Fabiola Sánchez-Salgado¹, Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez², José E. Sánchez³, Olga Gómez-Rodríguez⁴, Iván Morales-Soto², Liliana Aguilar-Marcelino^{2*}

¹ Universidad Mesoamericana, Plantel Cuernavaca. Cuernavaca, Morelos, México.

² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Jiutepec, Morelos, México.

³ El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

⁴ Fitopatología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad nematocida *in vitro* de tres cepas del micelio del hongo comestible *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127) contra los nematodos *Haemonchus contortus* (L₃) y *Nacobbus aberrans* (J₂). En placas Petri se cultivó durante 8 días los diferentes hongos (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127). Posteriormente, para la confrontación con los nematodos se utilizaron series de 10 placas con micelio de cada hongo y 10 placas sin hongo (control), para cada nematodo. Para el caso de *H. contortus*, a cada serie de cajas Petri se agregaron 2, 500 larvas infectantes (L₃) y esta confrontación fue por siete días. Por otro lado, para el bioensayo del nematodo *N. aberrans* a cada serie de placas Petri con hongo y sin hongo, se agregaron 300 larvas de *N. aberrans* (J₂) y se dejaron en confrontación durante 7 días. Los resultados muestran un porcentaje de mortalidad de *H. contortus* con un 31.34% para el hongo *P. djamor*, 87.43% con *P. eryngii* y un 81.49% con *P. ostreatus*. Respecto a la mortalidad de *N. aberrans*, los resultados muestran un 76.77% de mortalidad para *P. djamor*, un 68.05% con *P. ostreatus* y del 13.19% con *P. eryngii*. Las especies de los hongos utilizados del género *Pleurotus* spp. en el presente estudio poseen actividad nematocida, siendo *P. ostreatus* el hongo con mayor actividad contra *H. contortus* (L₃) y *N. aberrans* (J₂).

Palabras clave:

Actividad nematocida
Biocontrol
Hongo comestible
In vitro
Micelio

Keywords:

Nematocidal activity
Biocontrol
Edible mushroom
In vitro
Mycelium

Nematocidal activity *in vitro* of three strains of edible mushrooms *Pleurotus* spp. against *Haemonchus contortus* (L3) and *Nacobbus aberrans* (J2)

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the *in vitro* nematocidal activity of three strains of the mycelium of the edible mushroom *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* strain: 1123, *P. eryngii* strain: 1290 and *P. djamor* strain: 0127) against the nematodes *Haemonchus contortus* (L₃) and *Nacobbus aberrans* (J₂). The different edible mushrooms (*P. ostreatus* strain: 1123, *P. eryngii* strain: 1290 and *P. djamor* strain: 0127) were cultivated in Petri dishes for 8 days. Subsequently, for the confrontation with the nematodes, series of 10 plates with mycelium of each edible mushroom and 10 plates without edible mushroom (control) were used. In the case of *H. contortus*, 2,500 infective larvae (L₃) were added to each series of Petri dishes and this confrontation lasted for seven days. On the other hand, for the bioassay of the nematode *N. aberrans* to each series of Petri dishes with and without edible mushrooms, 300 larvae of *N. aberrans* (J₂) were added and left in confrontation for 7 days. The results show a mortality percentage of *H. contortus* with 31.34% for the *P. djamor* edible mushroom, 87.43% with *P. eryngii* and 81.49% with *P. ostreatus*. Regarding the mortality of *N. aberrans*, the results show a mortality rate of 76.77% for *P. djamor*, 68.05% with *P. ostreatus* and 13.19% with *P. eryngii*. *Pleurotus* spp. fungi species used in this study have nematocidal activity. *P. ostreatus* showed significant anthelmintic activity against *H. contortus* (L₃) and *N. aberrans* (J₂).

* Autor para correspondencia:

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. Km 11 Carretera Federal Cuernavaca-Cuautla, No. 8534, Col. Progreso, C.P. 62550. Jiutepec, Morelos, México.
Teléfono: + 52 7773192860.
Correo-electrónico: aguilar.liliana@inifap.gob.mx

1. Introducción

Existen nematodos parásitos que dañan a los animales y a las plantas produciendo grandes pérdidas económicas. Un ejemplo es el parásito gastrointestinal *Haemonchus contortus* el cual afecta a los rumiantes causando la muerte en corderos (Mungia-Xochihua et al., 2013). En el caso de las plantas se encuentra un fitoparásito agallador denominado *Nacobbus aberrans*, el cual provoca pérdidas cuantiosas en la agricultura afectado alrededor de 200 cultivos, entre ellos destacan los cultivos de jitomate, chile y la papa (Jeger et al., 2018). Actualmente se utilizan tratamientos químicos para combatir los parásitos de animales y de plantas. Sin embargo, el uso y abuso de estos agentes químicos ha provocado y desencadenado el problema de la resistencia antihelmíntica afectando el medio ambiente; asimismo, los organismos benéficos como escarabajos estercoleros, pulgas de agua, lombrices, ácaros nematófagos entre otros (Manzanilla-López et al., 2002).

Actualmente se han utilizado métodos alternativos de control en conjunto para hacer un manejo integrado. Uno de estos métodos utilizados es el biocontrol con hongos comestibles (Pineda-Alegría et al., 2017). Los hongos comestibles no solo han sido apreciados como alimento, sino que tienen utilidad significativa dentro de la medicina tradicional, ya que poseen compuestos con diferentes propiedades medicinales y terapéuticas. Dentro de las múltiples propiedades medicinales y terapéuticas de estos hongos se han identificado las siguientes: 1) anti-inflamatorios, 2) anti-hipertensivos, 3) inmunomoduladores, 4) anti-virales, 5) antimicrobianos, 6) anti-cancerígenos, 7) anti-oxidantes, 8) anti-colesterolémicos, 9) anti-alérgicos, 10) insecticidas, 11) antifúngicos y recientemente estudios notificados por nuestro grupo 12) antiparasitarios principalmente como nematicidas y cestocidas (Castañeda-Ramírez et al., 2020; Velasco-Cruz et al., 2017). Con base en los estudios realizados el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad nematicida *in vitro* de tres cepas del hongo comestible *Pleurotus* spp. contra los nematodos *H. contortus* (L₃) y *N. aberrans* (J₂).

2. Materiales y métodos

2.1. Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad de Helmintología del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicada en Jiutepec, Morelos, México.

2.2. Producción de larvas infectantes (L₃) de *H. contortus*

La obtención de larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* (cepa CENID-SAI, INIFAP), se realizó a través de un ovino donador de huevos, para lo cual se utilizó un cordero de dos meses de edad (sin previa exposición al parásito), fue mantenido bajo condiciones controladas de alojamiento y alimentación (*ad libitum*). Este cordero fue infectado artificialmente con larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* a una dosis de 350 larvas infectantes (L₃) por kg de peso vivo,

vía oral. Después de un período de 21 días las heces fueron colectadas directamente del recto del animal infectado. Se empleó la técnica de McMaster para observar la presencia de huevos de nematodos y para estimar el número de huevos eliminados por gramo de heces (HPG). Los cultivos fueron colocados en recipientes de plástico y mezclados con partículas de poliestireno. El material fecal fue macerado y se incorporó agua con la finalidad de mantener la oxigenación y humedad adecuada de los cultivos, de esta manera promover la eclosión de los huevos. Seis días después se realizó la recuperación de las larvas infectantes (L₃) de *H. contortus* de los cultivos fecales utilizando la técnica del embudo de Baermann por un período de 24 h (Liébano et al., 2011).

2.3. Producción de larvas juveniles de *Nacobbus aberrans*

El inóculo de *N. aberrans* se obtuvo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) con raíces agallas, en el área de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados (COLPOS), Campus Montecillo, Estado de México, México. Se incrementó la población a partir de una sola masa de huevos, los huevos se extrajeron usando el método descrito y se incubaron a 28 °C en placas de Petri con agua destilada estéril, hasta la eclosión y la obtención de juveniles (J₂), esta metodología se realizó siguiendo la técnica de Villar-Luna et al. (2009).

2.4. Producción del micelio de los hongos

El material fúngico consistente en el micelio de los hongos: *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127) fueron proporcionadas por el Laboratorio de Hongos Tropicales del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Sede Tapachula, Chiapas, México. Para el crecimiento de los preinóculos en medio nutritivo agar dextrosa papa (ADP), se tomó una luneta de un diámetro de 6 mm de micelio de cada cepa de *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* cepa: 1123, *P. eryngii* cepa: 1290 y *P. djamor* cepa: 0127) y se colocó en el centro de la placa con ADP fresco, así fue incubado durante siete días a 27 °C en oscuridad. Finalmente, de las placas de ADP donde creció cada hongo se tomó agar con micelio (0.6 mm de diámetro) y fue colocado en el centro de placas medio agua-agar al 2% y se dejó crecer por ocho días a una temperatura de 27 °C.

2.5. Experimento 1. Evaluación de la actividad *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra larvas infectantes *H. contortus* (L₃)

Se formaron cuatro series de placas Petri, cada uno con diferente especie de hongo y cultivados en medio agua-agar al 2% durante 8 días (10 repeticiones). La serie uno sin hongo fungió como el grupo testigo (2 500 L₃), de la serie dos a la cuatro fungieron como grupos tratados (placas de Petri con el micelio de cada cepa del hongo de *Pleurotus* spp.) y con 2500 L₃. La confrontación de los tratamientos fue de siete días. Transcurrido el tiempo de confrontación las larvas

fueron recuperadas por medio de un embudo de Baermann en tubos de ensayo y se cuantificaron las larvas recuperadas en un microscopio óptico (10X y 20X).

2.6. Experimento 2. Evaluación de la actividad *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra *N. aberrans* (J₂)

De los hongos cultivados durante 8 días en cajas Petri con medio agar-agua al 2%, se formaron tres tratamientos y un grupo testigo (10 repeticiones). La serie uno fungió como el grupo testigo, solo era el medio sin hongo con 300 larvas de *N. aberrans* (J₂), los tratamientos fueron las placas de petri con el micelio de cada cepa del hongo de *Pleurotus* spp. y en cada placa se agregó 300 larvas de *N. aberrans*. La confrontación (hongo-nematodo) se dejó durante 7 días, transcurrido el tiempo las larvas fueron recuperadas por medio de un embudo de Baermann en tubos, donde se cuantificaron las larvas recuperadas de cada placa Petri.

2.7. Análisis estadístico

La mortalidad de las larvas de ambos experimentos se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{Larvas muertas}}{\text{Larvas muertas} + \text{Larvas vivas}} \times 100$$

El análisis estadístico se realizó mediante una prueba de normalidad con el procedimiento UNIVARIATE del

programa SAS (SAS, 1999) y posteriormente el porcentaje de mortalidad fue analizado a través de un diseño completamente al azar y un análisis de varianza con el procedimiento GLM. Finalmente se realizó la comparación de las medias por una prueba del rango múltiple ($P < 0.05$).

3. Resultados

3.1. Experimento 1. Evaluación de la actividad *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra larvas infectantes *H. contortus* (L₃)

Los resultados de la prueba de confrontación de *Pleurotus* spp. contra *H. contortus* se pueden observar en el Cuadro 1, el mayor porcentaje de mortalidad fue para el hongo *P. eryngii* cepa: 1292 con un 87.43% y para *P. ostreatus* 1123 con un 81.49% de mortalidad. Los resultados de menos porcentaje de mortalidad fueron para *P. djamor* con un 31.34%.

3.2. Experimento 2. Evaluación de la capacidad letal *in vitro* del micelio de *Pleurotus* spp. contra *N. aberrans* (J₂)

Los resultados de la prueba se pueden observar en el Cuadro 2, donde el mayor porcentaje de mortalidad fue para *P. djamor* con un 76.77% y *P. ostreatus* 1123 con un 68.05% de mortalidad contra las larvas de *N. aberrans* J₂. Los resultados de menos porcentaje de mortalidad fueron para *P. eryngii* 01290 con 13.19% contra las larvas de *N. aberrans*.

Cuadro 1. Evaluación de la capacidad letal *in vitro* del micelio de las tres cepas: *P. ostreatus* cepa (1123) *P. eryngii* cepa (1290) y *P. djamor* cepa (0127) contra larvas infectantes *H. contortus* (L₃).

Grupos	Larvas muertas ($\bar{x} \pm DE$)	C.V. (%)	Mortalidad (%)
Testigo <i>Haemonchus contortus</i> (L ₃)	17.2±5.0	82.4	17.22 ^a
Tratado <i>H. contortus</i> (L ₃) y <i>P. djamor</i>	14.5±4.54	31.1	31.34 ^a
Tratado <i>H. contortus</i> (L ₃) y <i>P. eryngii</i>	62±37.5	60.6	87.43 ^b
Tratado <i>H. contortus</i> (L ₃) y <i>P. ostreatus</i>	52.3±22.7	43.5	81.49 ^b

n = 10. DE = Desviación estándar. Letras iguales en la misma columna indican que los valores no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Evaluación de la capacidad letal *in vitro* del micelio de las tres cepas: *P. ostreatus* cepa (1123) *P. eryngii* cepa (1290) y *P. djamor* cepa (0127) contra *N. aberrans* (J₂).

Grupos (<i>N. aberrans</i> J ₂)	Larvas muertas ($\bar{x} \pm DE$)	C.V. (%)	Mortalidad (%)
Testigo <i>N. aberrans</i> (J ₂)	2.7±1.8	65.4	1.22 ^a
Tratado <i>N. aberrans</i> (J ₂) y <i>P. djamor</i>	53.2±13.1	24.72	76.77 ^c
Tratado <i>N. aberrans</i> (J ₂) y <i>P. eryngii</i>	13.8±9.0	65.1	13.19 ^b
Tratado <i>N. aberrans</i> (J ₂) y <i>P. ostreatus</i>	34.7±12.65	36.36	68.05 ^c

n = 10. DE = Desviación estándar. Letras iguales en la misma columna indican que los valores no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0.05$).

4. Discusión

Los hongos comestibles poseen un alto valor nutrimental (carbohidratos y proteínas) (Salmones, 2017), múltiples propiedades medicinales y antiparasitarias (Pineda-Alegría et al., 2017), capacidad biodegradativa (Rajaratnam et al., 1998), biorremediación (Salmones, 2017). Por otra parte, Thorn y Barron (1984) demostraron que diez especies de hongos comestibles, incluido el hongo “seta” (*P. ostreatus*), atacan y consumen nematodos, se sugiere que estos hongos de

descomposición de la madera utilizan los nutrientes de sus presas para complementar los bajos niveles de nitrógeno disponibles en la madera. Este modo de nutrición es similar al de las plantas.

Por otro lado, se ha identificado el mecanismo de acción del hongo comestible *Pleurotus* spp. contra el nematodo de vida libre (*Panagrellus redivivus*) mediante la producción de una nematotoxina durante la interacción hongo-nematodo, está toxina contiene principalmente ácidos grasos (Castañeda-Ramírez et al., 2020; Pineda-Alegría et al., 2017).

Los resultados obtenidos de la confrontación contra *H. contortus* (L₃) mostraron un mayor porcentaje de mortalidad del hongo *P. eryngii* (cepa: 1292) con un 87.43, respecto al hongo *P. ostreatus* (cepa: 1123) mostró un porcentaje del 81.49 de mortalidad. El hongo que presentó el menor porcentaje fue *P. djamor* (cepa: 0127) con un 31.34.

Por otra parte, Rodríguez-Díaz (2015) evaluó extractos del sustrato agotado de los hongos del género *Pleurotus* spp. contra los huevos de *H. contortus*, presentando una actividad ovicida del 47% a una concentración de 20 mg mL⁻¹ a las 72 h de postratamiento.

Pineda-Alegría et al. (2017) realizaron un estudio químico biodirigido a partir de cuerpos fructíferos del hongo *P. djamor* obteniendo fracciones metanólicas las cuales fueron evaluadas de forma *in vitro* contra huevos y larvas infectantes (L₃) de *H. contortus*. Dichas fracciones metanólicas presentaron actividad contra huevos en un 100% a una concentración de 10 mg mL⁻¹ a las 72 h; sin embargo, no hubo actividad contra larvas infectantes (L₃) de *H. contortus*. Existen varios estudios de hongos comestibles (*P. djamor* y *P. ostreatus*) que se han evaluado contra diferentes estadios del nematodo parásito de ovinos *H. contortus* en México (Aguilar-Marcelino et al., 2017; Castañeda-Ramírez et al., 2020; Colmenares-Cruz et al., 2021; Comans-Peréz et al., 2021; Cuevas-Padilla et al., 2018; Rodríguez-Barrera et al., 2021; Valdez-Uriostegui et al., 2021). Sin embargo, respecto al hongo *P. eryngii* contra el nematodo *H. contortus* no se ha estudiado lo suficiente.

En el estudio notificado por Rodríguez-Díaz (2015) se observó un bajo porcentaje de mortalidad (31.34%) del nematodo *H. contortus* utilizando el hongo *P. djamor*. Este efecto pudiera ser debido a que fue un extracto de micelio y no del cuerpo fructífero. Este tipo de variación en la actividad antihelmíntica se observó debido a la variedad de los metabolitos en las diferentes partes del hongo (Rodríguez-Díaz, 2015). Para el caso del *P. ostreatus* los porcentajes notificados fueron similares a lo encontrado en el presente estudio.

Los estudios de evaluaciones de hongos comestibles contra *N. aberrans* son escasos. Se evaluaron los extractos acuosos de la parte aérea del hongo *R. communis* estos fueron efectivos para la mortalidad *in vitro* y la reducción de agallas en las raíces de plantas de pimiento infectadas con el nematodo agallador de la raíz, *N. aberrans* (Mareggiani et al., 2005). Así también, Franco-Navarro (2009) notificó una reducción de la modulación de *N. aberrans* en la papa, comparado con el grupo testigo utilizando un extracto de las plantas medicinales de *Nacetum cinerariifolium* y *Minthostachys mollis*.

Se han realizado estudios para el control de este parásito utilizando bacterias y hongos micromicetos. Franco-Navarro et al. (2009) evaluaron al hongo *Pochonia chlamydosporia* y notificaron un 84% de reducción de huevos del nematodo *N. aberrans* en un 81.2% en comparación con las plantas del grupo testigo. También se evaluó *P. chlamydosporia* de cinco aislamientos en México del hongo sobre los huevos del

nematodo fue superior al 60%, lo cual se coloca como candidatos para ser usados en el control biológico del fitoparásito *N. aberrans* (Flores-Camacho et al., 2008).

Esta actividad contra los nematodos ha sido notificada debido a una toxina de *P. ostreatus* (NRRL3526) que inmoviliza hasta un 95% de los nematodos (*P. redivivus*) dentro de 1 hora a 300 ppm de concentración (Kwok et al., 1992). Aunque existen diferencias entre *H. contortus* y *N. aberrans*, el primero es un nematodo abomasal que puede habitar en los pequeños rumiantes, y *N. aberrans* es un fitonematodo el cual afecta a las plantas.

El nematodo *H. contortus* se encuentra cubierto por un vaina en el estadio L₃ la cual se desprende cuando es ingerida por el rumiante, en el caso de *N. aberrans* se encuentran cubiertos por quitina que los protege, mientras que *Haemonchus* tiene una alta prevalencia y para el caso de *Nacobbus* la prevalencia es baja. Se observó que el hongo *P. ostreatus* mostró uno de los porcentajes más altos de mortalidad contra las dos especies de nematodos.

Agradecimientos

A la MC. Marilem Rodríguez-Labastida y C. Itzayana Díaz-Nuriulú por la asistencia técnica. Este estudio formó parte del trabajo de tesis realizado por Susan Fabiola Sánchez-Salgado para obtener el título de Veterinaria Zootécnica Clínica de la Universidad Mesoamericana, Cuernavaca, Morelos, México, bajo la dirección de la Dra. Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez y la Dra. Liliana Aguilar-Marcelino. El presente artículo de fue financiado parcialmente por el proyecto Problemas Nacionales, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México (CONACYT), número 9342634372.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Aguilar-Marcelino L, Sánchez JE, Mendoza de Gives P. 2017. Uso biotecnológico de productos obtenidos a partir de *Pleurotus* spp. en el control de nematodos parásitos de importancia pecuaria. En: Sánchez JE, Royse D. (eds). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. ECOSUR. Pp. 297-309.
- Castañeda-Ramírez GS, Torres-Acosta JFJ, Sánchez JE, Mendoza de Gives P, González-Cortazar M, Zamilpa A, Al-Ani LKT, Sandoval-Castro C, Soares FEF, Aguilar-Marcelino L. 2020. Biotechnological use of edible mushrooms bio-products for controlling plant and animal parasitic nematodes. *Biomed Research International* 2020: 6078917.
- Colmenares-Cruz S, González-Cortazar M, Castañeda-Ramírez GS, Andrade-Gallegos RH, Sánchez JE, Aguilar-Marcelino L. 2021. Nematocidal activity of hydroalcoholic extracts of spent substrate of *Pleurotus djamor* on L₃ larvae of

- Haemonchus contortus*. Veterinary Parasitology 300: 109608.
- Comans-Pérez RJ, Sánchez JE, Al-Ani LKT, González-Cortázar M, Castañeda-Ramírez GS, Mendoza de Gives P, Sánchez-García AD, Millán-Orozco J, Aguilar-Marcelino L. 2021. Biological control of sheep nematode *Haemonchus contortus* using edible mushrooms. Biological Control 152: 104420.
- Cuevas-Padilla J, Aguilar-Marcelino L, Sánchez JE, González-Cortázar M, Zamilpa-Álvarez A, Huicochea-Medina M, López-Arellano ME, Mendoza de Gives P, Hernández-Velázquez VM, González-Garduño R. 2018. A *Pleurotus* spp. hydroalcoholic fraction possess a potent *in vitro* ovidical activity against the sheep parasitic nematode *Haemonchus contortus*. En: Sánchez JE, Mata D, Royse J. (eds). Updates on tropical mushrooms. Basic and Applied Research. ECOSUR, Chiapas, México. Frontera Sur/Ed. Limusa. México, D.F. Pp. 141-156.
- Flores-Camacho R, Atkins SD, Manzanilla-López RH, Prado-Vera IC, Martínez-Garza A. 2008. Caracterización de aislamientos mexicanos de *Pochonia chlamydosporia* var. *Chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare para el control biológico de *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen. Revista Mexicana de Fitopatología 26(2): 93-104.
- Franco-Navarro F, Vilchis-Martínez K, Miranda-Damian J. 2009. New records of *Pochonia chlamydosporia* from Mexico: isolation, root colonization and parasitism of *Nacobbus aberrans* eggs. Nematropica, 39: 133-142.
- Jeger M, Bragard C, Caffier D, Candresse T, Chatzivassiliou E, Dehnen-Schmutz K, Gilioli G, Gregoire JC, Jaques-Miret JA, MacLeod A, Navajas Navarro M, Parnell S, Pottting R, Rafoss T, Rossi V, Urek G, Van-Bruggen A, Van-der-Werf W, West J, Winter S, Kaluski T, Niere B. 2018. Pest categorisation of *Nacobbus aberrans*. EFSA Journal 16(4): 5249.
- Kwok OCH, Plattner R, Weisleder D, Wicklow DT. 1992. A nematocidal toxin from *Pleurotus ostreatus* NRRL 3526. Journal of Chemical Ecology 18: 127-136.
- Liébano EF, López-Arellano ME, Mendoza de Gives P, Aguilar LM. 2011. Manual de diagnóstico para la identificación de larvas de nematodos gastrointestinales en rumiantes. Publicación Especial No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Morelos, México. Pp 1-44.
- Manzanilla-López RH, Costilla MA, Doucet M, Franco J, Inserta RN, Lehman PS, Cid-del-Prado-Vera I, Souza RM, Evans K. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne and Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): Systematics, distribution, biology and management. Nematropica 32: 149-227.
- Mareggiani G, Zamuner N, Michetti M, Franzetti D, Collavino C. 2005. Impacto de los extractos naturales en organismos del suelo objetivo y no objetivo. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas, Buenos Aires 31(3): 443-448.
- Mungia-Xochihua JA, Valenzuela-Medrano W, Leyva-Corona JC, Morales-Pablos JA, Figueroa-Castillo JA. 2013. Potencial del óregano como alternativa natural para controlar *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 9(1): 150-154.
- Pineda-Alegría JE, Sánchez-Vázquez JE, González-Cortázar M, Zamilpa A, López-Arellano ME, Cuevas-Padilla EJ, Mendoza-de-Gives P, Aguilar-Marcelino L. 2017. The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against the parasitic nematode *Haemonchus contortus*. Journal of Medicinal Food 20: 1184-1192.
- Rajarathnam S, Shashirekha MNJ, Bano Z. 1998. Biodegradative and biosynthetic capacities of mushrooms: Present and future strategies. Critical Reviews in Biotechnology 18(2-3): 91-236.
- Rodríguez-Díaz EF. 2015. Evaluación *in vitro* de extractos hidroalcohólicos del sustrato agotado del hongo *Pleurotus djamor* en contra de huevos y larvas infectantes de *Haemonchus contortus*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Biotecnología. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. México. 1-92.
- Rodríguez-Barrera TM, Téllez-Téllez M, Sánchez JE, Castañeda-Ramírez GS, Acosta-Urdapilleta ML, Bautitsa-Garfias CR, Aguilar-Marcelino L. 2021. Edible mushrooms of the genus *Pleurotus* as biocontrol agents of parasites of importance for livestock. Scientia Fungorum 52: e1375.
- Salmones D. 2017. *Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico. Scientia Fungorum 46: 73-85.
- SAS. 1999. Sistema de análisis estadístico, métodos estadísticos. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte.
- Thorn RG and Barron GL. 1984. Carnivorous mushrooms, Science, 224: 76-78.
- Valdez-Uriostegui LA, Sánchez-García AD, Zamilpa A, Sánchez JE, González-Garduño R, Mendoza-de-Gives P, Castañeda-Ramírez GS, González-Cortázar M, Aguilar-Marcelino L. 2021. *In vitro* evaluation of hydroalcoholic extracts of mycelium, basidiomata and spent substrate of *Pleurotus ostreatus* against *Haemonchus contortus*. Tropical and Subtropical Agroecosystems 24(2): 62.
- Velasco-Cruz E, Romero-Flores J, Serralde-Ulises B. 2017. Hongos macroscópicos y microscópicos. Instituto Politécnico Nacional CICS UMA. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villar-Luna E, Reyes-Trejo B, Rojas-Martínez RI, Gómez-Rodríguez O, Hernández-Anguiano AM, Zavaleta-Mejía E. 2009. Respuesta hipersensitiva en el follaje de chile cm-334 resistente a *Phytophthora capsici* infectado con *Nacobbus aberrans*. Nematropica 39(1): 143-155.