

DETECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *Bruggmanniella perseae* GAGNÉ (DIPTERA: CECIDOMYIIDAE) EN HUERTOS DE AGUACATE EN NAYARIT, MÉXICO

Flavio Reynaga-Villa¹, Agustín Robles-Bermúdez², Octavio J. Cambero-Campos², Mario O. Estrada-Virgen², Gregorio Luna-Esquivel² y Eric R. Jacobo-Macías³

RESUMEN

En México se detectó la presencia de *Bruggmanniella perseae* Gagné, 2004, (Diptera: Cecidomyiidae). El objetivo de la investigación fue identificar y determinar la distribución geográfica de *B. perseae*, en la zona centro del estado de Nayarit. Entre noviembre de 2024 y abril de 2025, se recolectaron frutos de los cultivares Hass y Méndez, en veintinueve huertos comerciales ubicados en tres municipios de Nayarit. En cada sitio se realizó un muestreo directo, seleccionándose frutos con síntomas de daño característicos. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma de Nayarit, donde permanecieron en condiciones controladas hasta la emergencia de los adultos. La identificación taxonómica se efectuó mediante criterios morfológicos y el uso de claves dicotómicas, complementados con análisis moleculares. Se recolectaron 2,724 frutos provenientes de 27 huertos con evidencia de infestación, de los cuales emergieron 335 insectos adultos del cecidómido. El análisis molecular se realizó mediante la técnica de código de barras de ADN, empleándose un fragmento del gen mitocondrial COI. La distancia genética se estimó mediante el modelo Kimura de dos parámetros (K2P). Se analizaron doce secuencias de 648 pb, con una divergencia de 0,0 %, lo que indicó ausencia de variabilidad genética entre las muestras. Los resultados confirmaron la presencia en la región centro de Nayarit y la emergencia de *B. perseae*, aportando información esencial, para su monitoreo y manejo fitosanitario en huertos de aguacate.

Palabras clave adicionales: Análisis molecular, COI, mosca del ovario, muestreo directo, plagas del aguacate

ABSTRACT

Detection and geographic distribution of *Bruggmanniella perseae* Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) in avocado orchards in Nayarit, Mexico

In Mexico, the presence of the *Bruggmanniella perseae* Gagné, 2004, (Diptera: Cecidomyiidae) has been recently detected. The objective was to identify and determine the geographic distribution of the *B. perseae* in the central region of the state of Nayarit. Between November 2024 and April 2025, fruits were collected from 29 commercial orchards of the Hass and Méndez cultivars located in three municipalities of Nayarit. At each selected site, direct sampling was conducted, and fruits with characteristic damage symptoms were selected. The samples were transported to the Agricultural Parasitology Laboratory at the Universidad Autónoma de Nayarit, where they were kept under controlled conditions until the adult emergence. Taxonomical identification was performed using morphological criteria and dichotomous keys, complemented with molecular analysis. A total of 2,724 fruits were collected from 27 orchards showing evidence of infestation, from which 335 cecidomyiid adult insects emerged. Molecular analysis was performed using the DNA barcoding technique, using a fragment of the mitochondrial COI gene. Genetic distance was estimated using the two-parameter Kimura model (K2P). Twelve sequences of 648 bp were analyzed, showing a divergence of 0.0 %, indicating an absence of genetic variation among the samples. The results confirmed the presence and emergence of *B. perseae* in the central region of Nayarit and provided essential information for its monitoring and phytosanitary management in avocado orchards.

Additional Keywords: Avocado pests, COI, direct sampling, molecular analysis, ovary gall midge

Editor Asociado: Prof. María Elena Sanabria Chópíte

INTRODUCCIÓN

México ocupa el primer lugar a nivel mundial

en la producción de aguacate (*Persea americana* Mill.), superior a 2,7 millones de t, con una superficie cultivada de 263,212 ha (SIAP, 2024).

Recibido: Marzo 22, 2026

Aceptado: Julio 2, 2026

¹Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias-Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México. e-mail: 24000136@uan.edu.mx

²Unidad Académica de Agricultura y Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias-Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México. e-mail: agustin.robles@uan.edu.mx (autor de correspondencia); estra0288@gmail.com; jhony695@uan.edu.mx; gregorio.luna@uan.edu.mx

³Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. e-mail: jacobo.eric@colpos.mx

A nivel nacional, el estado de Nayarit se posiciona en el cuarto lugar con 8,244 ha destinadas al cultivo y una producción anual de 75,361 t. Del total estatal, el 89 % de la producción proviene de los municipios de Tepic, Xalisco y San Blas (SIAP, 2024); sin embargo, este cultivo se encuentra en riesgo por la presencia de plagas de alto impacto (SENASICA, 2025). *Bruggmanniella*, es un género que comprende 21 especies reconocidas a nivel mundial, distribuidas en las regiones Paleártica, Oriental, Neártica y Neotropical (Tokuda y Yukawa, 2006). *Bruggmanniella perseae* Gagné, 2004 (Diptera: Cecidomyiidae) es considerada una plaga emergente en Centroamérica y que amenaza al cultivo de aguacate. Esta especie se reportó por primera vez en 2004 sobre frutos en Costa Rica y Colombia (Gagné *et al.*, 2004); mientras que, en México se detectó en frutos de los cultivares Hass y Méndez en Michoacán, Estado de México y Morelos (Delgado *et al.*, 2015; Laureano *et al.*, 2022; García *et al.*, 2024).

Las larvas de *B. perseae* afectan el ovario durante la etapa fenológica de floración y la formación del endocarpo durante la fructificación; además, continúan su desarrollo en el interior de frutos jóvenes, provocando deformaciones que les confieren una apariencia delgada, alargada y generan un túnel de salida para pupar, lo que eventualmente causa la caída prematura (Gagné *et al.*, 2004; Maia *et al.*, 2010; García *et al.*, 2024). La incidencia de esta especie pudo estar influenciada por factores como altitud, temperatura, humedad relativa y tipo de cultivar (Delgado *et al.*, 2015). En particular, se ha observado que la altitud puede reducir la abundancia de insectos plaga en huertos agrícolas (Ghimire *et al.*, 2024).

La identificación precisa de especies plaga es fundamental para el diseño de estrategias de manejo integrado. En este contexto, las técnicas moleculares han demostrado ser herramientas eficaces para el diagnóstico taxonómico. Entre ellas, el código de barras del ADN, basado en la secuenciación del gen *cox1*, que codifica la subunidad I del citocromo oxidasa (COI) del ADN mitocondrial, se ha consolidado como uno de los marcadores más utilizados en insectos para estudios de identificación específica, delimitación de especies crípticas y análisis filogenéticos (Hebert *et al.*, 2003). Su aplicación, junto con la técnica de reacción en cadena de la polimerasa

(PCR), ha fortalecido los estudios evolutivos y facilitado la caracterización de una amplia diversidad de especies (Zhang y Hewitt, 1996).

A pesar de los reportes existentes en Michoacán, Estado de México y Morelos, la presencia de *B. perseae* en Nayarit no está documentada y la información sobre la distribución geográfica de este cecidómido, en los principales municipios productores, así como de evidencia molecular que confirme su identidad taxonómica en la región, es escasa. Dado el daño potencial que *B. perseae* puede ocasionar durante la floración y el desarrollo de los frutos, y ante el limitado conocimiento sobre su biología, hábitos y nivel de afectación, el objetivo de esta investigación consistió en identificar y determinar la distribución geográfica de *B. perseae* en la zona centro del estado de Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se efectuó en los municipios de Tepic, Xalisco y Santa María del Oro, Nayarit, México (Cuadro 1). El clima predominante en la región es cálido, templado y seco, con una temperatura media anual que oscila entre 22 y 28 °C, y una precipitación media anual de 1,393 mm, concentrada principalmente en los meses de junio a septiembre (INEGI, 2022).

Muestreo de huertos. Se seleccionaron aleatoriamente 29 huertos de aguacate con una antigüedad de entre 10 y 20 años, ubicados en los municipios con mayor producción dentro de la región centro de Nayarit. La recolección de frutos se realizó en noviembre de 2024, para los derivados de la floración de verano del cultivar Méndez, y en abril de 2025, para los provenientes del flujo de invierno, de Hass. La distribución de los huertos por municipio y cultivar fue la siguiente: en Tepic, cinco que correspondieron al cultivar Hass y cinco al Méndez; en Xalisco, 13 de Hass y cinco a Méndez y en Santa María del Oro, se incluyó un huerto del cultivar Hass. El muestreo se enfocó en árboles con frutos en etapas iniciales de desarrollo (aproximadamente 1 a 2 cm de longitud) que presentaban deformaciones características del ataque de *B. perseae* (alargamiento longitudinal, en algunos casos presentaron forma obcónica y partenocarpia), conforme a los criterios diagnósticos descritos por Gagné *et al.* (2004) (Figura 1).

Cuadro 1. Distribución de sitios de muestreo en el estado de Nayarit, México.

Sitio	Municipio	Localidad	Cultivar	Latitud	Longitud	Altitud (m)
1	Tepic	El Ahuacate	Méndez	21.514444	-104.951167	1,014
2		El Ahuacate	Hass	21.517806	-104.957194	1,040
3		El Rodeo	Hass	21.551389	-104.913889	1,066
4		El Rodeo	Hass	21.540000	-104.912222	1,155
5		El Rodeo	Hass	21.535556	-104.911389	1,128
6		El Rodeo	Méndez	21.550833	-104.910556	1,073
7		V. Carranza	Méndez	21.521250	-105.000361	1,077
8		V. Carranza	Méndez	21.520028	-104.996583	1,119
9		V. Carranza	Méndez	21.518806	-104.992972	1,127
10		El Izote	Hass	21.520577	-104.960133	1,134
11	Xalisco	Emiliano Zapata	Hass	21.360556	-104.919167	1,098
12		Emiliano Zapata	Hass	21.361389	-104.917500	1,074
13		Emiliano Zapata	Méndez	21.365833	-104.920833	1,101
14		Emiliano Zapata	Hass	21.368056	-104.923611	1,147
15		Emiliano Zapata	Hass	21.362222	-104.909722	1,047
16		San José de Costilla	Méndez	21.363333	-104.869167	991
17		San José de Costilla	Hass	21.369722	-104.879444	1,128
18		San José de Costilla	Hass	21.362500	-104.864444	949
19		Xalisco	Hass	21.434000	-104.897917	983
20		Aquiles Serdán	Hass	21.385528	-104.899306	1,071
21		El Carrizal	Méndez	21.378889	-104.931389	1,174
22		El Carrizal	Hass	21.377222	-104.932222	1,172
23		El Malinal	Hass	21.371944	-105.027778	793
24		Cofradía de Chicolón	Méndez	21.356889	-104.985389	936
25		Cofradía de Chicolón	Méndez	21.382056	-104.968778	1,138
26		A. López Mateos	Hass	21.336111	-104.926389	1,050
27		Emiliano Zapata	Hass	21.356944	-104.885000	1,028
28		Xalisco	Hass	21.425369	-104.891017	973
29	Santa María del Oro	Tequepexpan	Hass	21.214556	-104.543667	1,561

Procesamiento de los frutos recolectados.

Los frutos colectados se trasladaron al Laboratorio de Parasitología Agrícola, ubicado en el Centro Multidisciplinario de Investigación Científica (CEMIC 03) de la Universidad Autónoma de Nayarit, distribuyéndose entre 20 y 30 por unidad en contenedores plásticos de 1 L de capacidad, acondicionados con una capa de papel absorbente en el fondo y cubiertos con una tapa perforada (6,5 cm de diámetro), sellada con malla fina de organza, para permitir el flujo de aire. Cada contenedor se etiquetó con la información

correspondiente a la fecha de recolección, municipio, localidad, cultivar, coordenadas geográficas, altitud y número de frutos.

Los frutos se inspeccionaron diariamente hasta observar la emergencia de insectos adultos de *B. perseae*. Los cecidómidos emergidos se capturaron con un aspirador entomológico y se transfirieron a tubos Eppendorf de 2 mL previamente preparados con alcohol al 70 % y se etiquetaron con la fecha de recolección, localidad y cultivar correspondiente. Adicionalmente, se conservaron ejemplares adultos en alcohol al 96 % para su posterior análisis molecular.



Figura 1. Frutos de aguacate. **A)** Expresión de daño en campo; **B)** Frutos con síntomas de daño por *B. perseae*.

Identificación taxonómica. Una muestra de 10 adultos de *B. perseae* fue montada conforme la metodología de Gagné (1994), con modificaciones que incluyeron la sustitución de NaOH por KOH. Los especímenes fueron procesados mediante una secuencia de reactivos para su montaje en laminillas y posterior observación microscópica. La identificación taxonómica se realizó con un microscopio compuesto binocular digital (MoticMicroscopes, BA210), se utilizaron las claves taxonómicas y dicotómicas propuestas por Gagné *et al.* (2004), Lin *et al.* (2019) y García *et al.* (2020). La morfología fue corroborada por el Dr. Héctor González Hernández, especialista en plagas del aguacatero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México. Los ejemplares se resguardaron en el Laboratorio de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma de Nayarit y las muestras moleculares en el Laboratorio de Patología de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo bajo la supervisión del profesor investigador Dr. Ariel W. Guzmán Franco.

Identificación molecular. Para la identificación molecular, se seleccionaron tres especímenes adultos, provenientes de veintinueve sitios distribuidos en doce localidades de Nayarit. La extracción de ADN se realizó a partir del ejemplar completo de cada uno, el análisis se desarrolló en el Laboratorio de

Patología de Insectos del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Se utilizó el kit comercial Dneasy® Blood & Tissue (QIAGEN), con base en las instrucciones del fabricante. La calidad del ADN extraído se verificó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1,5 %. Posteriormente, se amplificó la región citocromo oxidasa subunidad I (COI) del ADN mitocondrial mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), utilizando el par de cebadores universales Forward LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y Reverse HCO1298 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') propuestos por Folmer *et al.* (1994).

La PCR se realizó en un volumen final de 1080 μL , compuesto por 836 μL de H_2O , 120 μL de buffer (10 $\times$), 24 μL de dNTP (10 mM), 48 μL de MgCl_2 (25 mM), 24 μL de cebador LCO1490 (10 μM), 24 μL de cebador HCO1298 (10 μM) y 4 μL de Taq polimerasa (5 U $\cdot\mu\text{L}^{-1}$). Para cada muestra, se utilizaron 30 μL (27 μL del mix y 3 μL de ADN). Las reacciones se llevaron a cabo en un termociclador Bio-Rad T100 bajo las siguientes condiciones: 94 °C por 1 min; seguido de 35 ciclos de 94 °C por 1 min, 45 °C por 1,5 min y 72 °C por 1,5 min; una extensión final a 72 °C por 5 min y almacenamiento a 12 °C. Los productos de PCR fueron enviados para secuenciación a la empresa MACROGEN (Corea del Sur).

El alineamiento y edición de las secuencias se realizó con el programa Bio Edit Sequence Alignment Editor (Hall, 1999). Posteriormente, se aplicó el modelo Kimura de dos parámetros (K2P) para el análisis de distancias genéticas, el cual permitió diferenciar entre transiciones y transversiones y corrigió a probabilidad de sustituciones múltiples en un mismo sitio (Kimura, 1980). El análisis se efectuó con el programa MEGA versión 5.1 (Tamura *et al.*, 2011).

Análisis estadístico. Los datos de número de organismos se analizaron de manera independiente para cada cultivar y se consideró el sitio (huerto) como unidad experimental. Dado que el objetivo del análisis fue comparar la emergencia de *B. perseae* entre dos cultivares dentro de cada municipio de forma independiente y no estimar efectos anidados entre niveles jerárquicos, los datos fueron agregados por sitio para garantizar la independencia de las observaciones. La comparación del número

promedio de organismos emergidos entre cultivares dentro de cada uno, se realizó mediante la prueba de t para dos muestras independientes bajo el enfoque de Welch, la cual no asume igualdad de varianzas y es robusta ante tamaños de muestra desiguales. El supuesto de normalidad dentro de cada municipio se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se estableció un nivel de significancia de $p=0,05$. Todos los datos se analizaron con el programa estadístico RStudio versión 4.4.2, año 2024.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica. Con base en las claves taxonómicas y dicotómicas propuestas, se identificó exclusivamente la especie *B. perseae* en los municipios de Tepic y Xalisco; no se registró en Santa María del Oro, señalándose además como responsable del daño en frutos de aguacate de los cultivares Hass y Méndez (Figura 2).

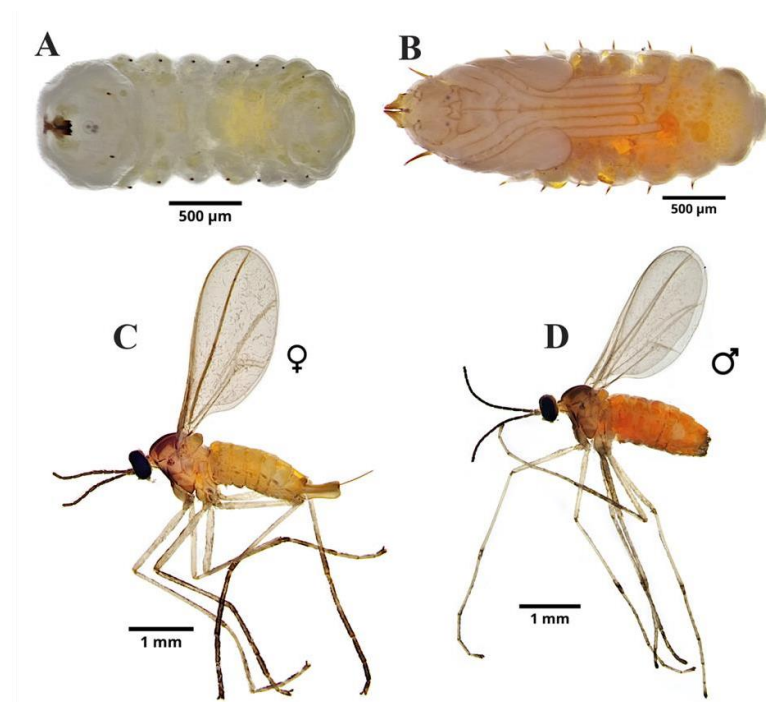


Figura 2. Estadios de *Bruggmanniella perseae*. Larva (A), Pupa (B), Adulto: Hembra (C), Macho (D).

Identificación molecular. El tamaño del fragmento amplificado del gen COI mediante PCR

fue de $648 \pm 0,65$ pares de bases (pb), con un peso molecular estimado de $427,77 \pm 0,43$ kilo Daltons

(kDa) por secuencia. Se analizaron un total de 12 secuencias, correspondientes a una muestra representativa de cada localidad evaluada. El análisis de distancias genéticas, realizado bajo el modelo Kimura de dos parámetros (K2P), reveló una divergencia de 0,0 % entre todas las secuencias estimadas, lo que indicó ausencia de variación genética entre los individuos analizados y confirmó que todos los organismos evaluados pertenecían a una la misma especie: *Bruggmanniella perseae*.

El porcentaje de divergencia para *B. perseae* se encontró por debajo del umbral de 3 % propuesto por Hebert *et al.* (2003) para diferenciar o delimitar especies de insectos. Según estos autores, estos valores entre especies suelen ser superiores al 3 %, como se observó en el caso de los lepidópteros. Por lo tanto, se pudo confirmar que todos los individuos analizados respaldaron la identificación morfológica convencional, que determinó que los organismos bajo estudio se correspondieran con *B. perseae*.

Las secuencias de la región COI de los especímenes fueron depositadas en la base de datos GenBank® bajo las siguientes claves de acceso: PV708059, PV708060, PV708061, PV708062, PV708063, PV708064, PV708065,

PV708066, PV708067, PV708068, PV708069 y PV708070.

Los resultados coincidieron con los de Lin *et al.* (2020), quienes también utilizaron la región

COI para evaluar especies del mismo género. En este contexto, el análisis molecular se consolidó como una herramienta complementaria de gran valor para la identificación taxonómica, al permitir una determinación precisa incluso en organismos que inducen agallas en los mismos hospederos, como lo señalaron Tokuda y Yukawa (2006) y García *et al.* (2020).

Distribución geográfica. De los 29 huertos muestreados, 27 presentaron frutos con daño atribuible a *B. perseae*. 10 correspondieron al cultivar Méndez y 19 al Hass, distribuidos en Tepic y Xalisco. En contraste, únicamente dos huertos no presentaron frutos con daño: el evaluado en Santa María del Oro y uno de los dos evaluados en Xalisco, ambos correspondientes al cultivar Hass. Se recolectaron 2724 frutos, de los que emergieron un total de 335 adultos de *B. perseae* (Cuadros 2 y 3). Estos resultados son consistentes con lo reportado por Lin *et al.* (2019), quienes señalaron una alta prevalencia de *B. perseae*, en regiones con condiciones subtropicales

Cuadro 2. Número de moscas del ovario de *Bruggmanniella perseae* emergidas de frutos de aguacate del cultivar Hass colectados en los municipios de Tepic, Xalisco y Santa María del Oro.

Municipio	Sitio	Hass Número de huertos	Frutos recolectados	Organismos emergidos	% de emergencia
Tepic	El Ahuacate	1	100	12	12
	El Rodeo	3	204	56	27,4
	El Izote	1	160	3	1,8
Xalisco	Emiliano Zapata	5	546	37	6,7
	San José de Costilla	2	260	25	9,6
	Xalisco Centro	1	50	3	6
	Xalisco UAA*	1	-	-	-
	Aquiles Serdán	1	90	20	22,2
	Carrizal	1	110	22	20
	Malinal	1	30	5	16,6
	A. López	1	50	12	24
	Mateos				
Santa María del Oro	Tequepexpan*	1	-	-	-

*= sitios donde no se encontró daño causado por *B. perseae*.

Reynaga et al. Distribución de *B. perseae* en huertos de aguacate en Nayarit, México

Durante el procesamiento de las muestras, se observó que algunos frutos ya presentaban deformaciones, lo que indicó que una parte de los adultos de *B. perseae* ya habían emergido en campo, antes de la recolección. A pesar del elevado número de frutos colectados ($n=2724$), el de los adultos emergidos fueron relativamente bajo ($n=335$), lo que sugirió que la tasa de emergencia pudo haber estado limitada por factores biológicos o ambientales, entre ellos, la que ocurrió previamente en campo.

El número de organismos presentó variabilidad entre municipios en ambos cultivares; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre los emergidos, y entre los municipios en ninguno de los cultivares evaluados ($p>0,05$) (Cuadro 4). En ambos casos, las medias fueron comparables entre localidades, aunque en el cultivar Hass se observó una mayor variabilidad entre sitios, particularmente en Tepic. En contraste, el Méndez mostró una distribución más homogénea entre los municipios

Cuadro 3. Número de moscas del ovario de *Bruggmanniella perseae* emergidas de frutos de aguacate del cultivar Méndez colectados en los municipios de Tepic y Xalisco.

Municipio	Sitio	Méndez Número de huertos	Frutos recolectados	Organismos emergidos	% de emergencia
Tepic	El Ahuacate	1	150	26	17,3
	El Rodeo	1	100	7	7
	V. Carranza	3	310	30	9,6
Xalisco	Emiliano Zapata	1	160	9	5,6
	San José de Costilla	1	154	10	6,4
	Carrizal	1	100	23	23
	Cofradía de Chocolón	2	150	35	23,3

Cuadro 4. Emergencia de adultos (Media $\pm$ EE) y parámetros de dispersión por cultivar de aguacate y municipio.

Cultivar	Municipio	n	Media $\pm$ EE	DE	T	GI	P
Hass	Tepic	3	23,67 $\pm$ 16,37	28,40	0,35	2,31	0,755
	Xalisco	7	17,71 $\pm$ 4,52	12,00			
Méndez	Tepic	3	21,00 $\pm$ 7,09	12,30	0,186	4,45	0,86
	Xalisco	4	19,25 $\pm$ 6,14	6,14			

*DE= Desviación Estándar, n= número de sitios evaluados por municipio y localidad.

En cuanto a la distribución altitudinal, se observó una tendencia negativa, donde todos los huertos con presencia de frutos dañados se

ubicaron dentro de un rango de 793 a 1173 msnm. En contraste, en el huerto evaluado en la localidad de Tequepexpan, municipio de Santa María del Oro, correspondiente al cultivar Hass y situado a una altitud de 1561 msnm, la incidencia se redujo a cero, lo que sugirió que la altitud actuó como un factor limitante para el desarrollo de *B. perseae*. Adicionalmente, un huerto ubicado en

Xalisco, el cual es utilizado para investigación por la Unidad Académica de Agricultura, no presentó daño. La ausencia de la plaga en este sitio podría atribuirse a las condiciones particulares del manejo del huerto, más que a factores altitudinales, dado que su altitud se encontró dentro del rango de presencia de *B. perseae* en otros sitios (Figura 3).

Los resultados sugirieron una posible asociación entre la altitud y la presencia de *B. perseae*, tendencia que deberá corroborarse

mediante estudios que incluyan un mayor número de sitios en diferentes rangos altitudinales. Por su parte, Delgado *et al.* (2015) señalaron una tendencia a que las poblaciones de esta plaga fueron más abundantes en rangos altitudinales comprendidos entre 1300 y 1750 msnm, donde

también se registraron mayores índices de daño. Asimismo, estos autores señalaron que la incidencia disminuyó significativamente por encima de los 2000 m de altitud, existiendo una relación inversa entre altitud extrema y la presencia de la plaga.

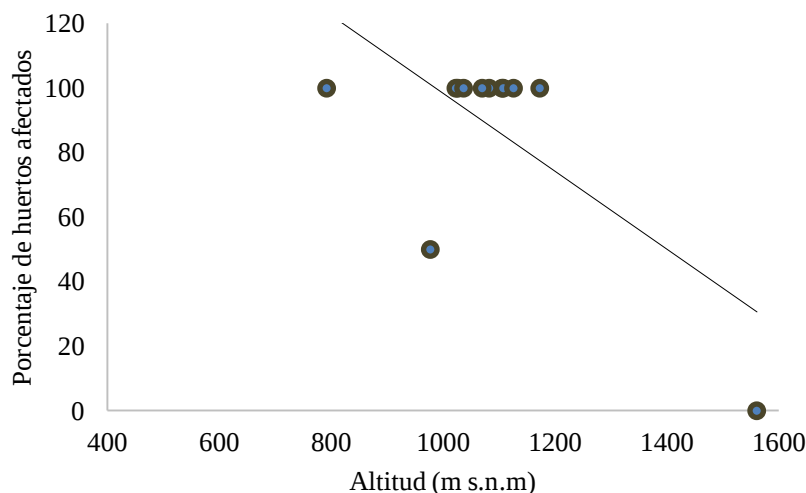


Figura 3. Relación entre la altitud y afectación por *Bruggmanniella perseae* en doce localidades de Nayarit, México.

La variabilidad observada en la incidencia de *B. perseae* entre sitios, pudo estar asociada a múltiples factores ecológicos que interactúan de manera compleja. Desde el punto de vista microclimático, Delgado *et al.* (2015) señalaron que la temperatura y la humedad relativa están relacionadas con la incidencia de *B. perseae*, señalaron que temperaturas superiores a 17 °C y una humedad relativa superior al 80 %, favorecen la incidencia. El efecto del cultivar puede contribuir en la incidencia observada, dado que los cultivares Hass y Méndez presentaron diferencias en sus épocas de floración y fructificación tal como lo señalaron Cossio *et al.* (2008). En este sentido, la fenología del cultivo constituyó un factor determinante en la incidencia de *B. perseae*, porque la oviposición de las hembras ocurre durante el periodo de floración y el desarrollo larval continúa en frutos afectados, lo que representa ambas etapas ventanas críticas de susceptibilidad (Gagné *et al.*, 2004; García *et al.*, 2024).

CONCLUSIONES

Se confirmó la identidad taxonómica y molecular de *B. perseae* en huertos de aguacate cv. Hass y Méndez provenientes de floración de verano e invierno en el estado de Nayarit, lo que representó una ampliación significativa en la distribución geográfica previamente conocida de este fitófago en México. *B. perseae* se encontró ampliamente distribuido en la zona centro de Nayarit, con una afectación del 93 % de los huertos muestreados (27 de 29). No se encontraron diferencias significativas entre municipios en la emergencia de organismos para los cultivares, lo que indicó que la distribución del fitófago fue similar entre las localidades bajo las condiciones evaluadas. La distribución pudo estar influenciada por la altitud, se encontró mayor incidencia del insecto en estudio en huertos con rangos altitudinales de 793 a 1173 m.

LITERATURA CITADA

1. Cossio-Vargas, L.E., S. Salazar-García, I.J.L. González-Duran y R. Medina-Torres. 2008. Fenología del aguacate 'Hass' en el clima semicálido de Nayarit. Rev. Chapingo Ser. Horticultura 14(3): 319-324.
2. Delgado, O.F., C. García-Bonilla, M. Vargas-Sandoval, J.J. Ayala-Ortega, M.B.N. Lara-Chávez, M.D.C. Arias-Valencia y M. Gutiérrez-Contreras. 2015. Distribución geográfica de *Bruggmanniella perseae* (Diptera: Cecidomyiidae) en la franja aguacatera de Michoacán, México. 135. En: Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate, Ciudad Guzmán, Jalisco, México. pp.94-101.
3. Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz y R. Vrijenhoek. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology 3(5): 294-299.
4. Gagné, R.J. 1994. The gall midges of the Neotropical region. Cornell University Press. Ithaca, New York. 352p.
5. Gagné, R.J., F. Posada y Z.N. Gil. 2004. A new species of *Bruggmanniella* (Diptera, Cecidomyiidae) aborting young fruit avocado, *Persea americana* (Lauraceae), in Colombia and Costa Rica. Proceedings of the Entomological Society of Washington, D.C. 106(3): 547-553.
6. García-Escamilla, P., E. Hernández-Castro, J.A. Mora-Aguilera, Y. Durán-Trujillo y A. Monteón-Ojeda. 2024. Detection of *Bruggmanniella perseae* in Hass avocado (*Persea americana* cv. Hass) in Morelos, México. Agro Productividad 17(12): 197-202.
7. García, C.D.A., C.J.E. Lamas y M.V. Urso-Guimarães. 2020. Análisis cladístico del género *Bruggmanniella* Tavares (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondyliini) con inferencias evolutivas sobre la asociación planta huésped-inductor de agallas y descripción de una nueva especie brasileña. PLOS ONE 15(2).
8. Ghimire, R., A. Dhakal, S.S. Karkee y S. Acharya. 2024. Impact of Altitude on Insect Pest Occurrence in Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) Orchards Withing Jajarkot District. Nepalense Horticulture 18(1): 18-28.
9. Hall, T.A. 1999. BioEdit. A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program. Nucleic Acids Symposium Series 41: 95-98.
10. Hebert, P.D.N., A. Cywinska, S.L. Ball, y J.R. De-Waard. 2003. Biological identification through DNA barcodes. Proceedings of The Royal Society B 270: 313-321.
11. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2022. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa. <https://www.inegi.org.mx/> (consulta de mayo de 2025).
12. Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. Journal of Molecular Evolution 16(2): 111-120.
13. Laureano, A.B., R.O. Hernández, M.A. Equihua, S.M. Pérez, D.E. Martínez y V.B. Rodríguez. 2022. *Bruggmanniella perseae* Gagné afecta a la fruta del aguacate en el estado de México, México, Southwestern Entomologist 47(2): 443-448.
14. Lin, S.F., M.M. Yang y M. Tokuda. 2019. Leaf gall polymorphism and molecular phylogeny of a new *Bruggmanniella* species (Diptera: Cecidomyiidae: Asphondyliini) associated with *Litsea acuminata* (Lauraceae) in Taiwan, with ecological comparisons and a species description. Entomological Science 23(1): 10-22.
15. Lin, S.F., M.M. Yang y M. Tokuda. 2020. Molecular phylogeny revealing the single origin of *Cinnamomum* - associated *Bruggmanniella* (Diptera: Cecidomyiidae) in Asia, with descriptions of three new and one newly recorded species from Taiwan. Zoological Studies. pp. 59-66.
16. Maia, V.C., G.W. Fernandes y L.A. Oliveira. 2010. Una nueva especie de *Bruggmanniella* (Diptera, Cecidomyiidae, Asphondyliini) asociada a *Doliocarpus dentatus* (Dilleniaceae) en Brasil. Revista Brasileira de Entomología 54(2): 225-228.

17. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Aguacate. <https://n9.cl/pcypbs> (consulta de abril, 2025).
18. SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2025. <https://n9.cl/e0pbw> (consulta de junio, 2025).
19. Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei y S. Kumar. 2011. MEGA5: Análisis de genética evolutiva molecular mediante métodos de máxima verosimilitud, distancia evolutiva y máxima parsimonia. *Molecular Biology and Evolution* 28(10): 2731-2739.
20. Tokuda, M. y J. Yukawa. 2006. First Records of Genus *Bruggmanniella* (Diptera: Cecidomyiidae: Asphondyliini) from Palaearctic and Oriental Regions, with Descriptions of Two New Species That Induce Stem Galls on Lauraceae in Japan. *Annals of the Entomological Society of America* 99(4): 629-673.
21. Zhang, D.X. y G.M. Hewitt. 1996. Nuclear integrations: challenge for mitochondrial DNA markers. *Trends in Ecology and Evolution* 11(6): 247-251.