



Nota Fitopatológica

Influencia de la humedad del suelo en incidencia y severidad de la mancha foliar (*Alternaria alternata*) en genotipos de *Glycine max*

Guillermo Ascencio-Luciano¹, Nicolás Maldonado-Moreno¹, Reinaldo Méndez-Aguilar¹, Moisés Felipe-Victoriano^{1*}, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS), Carretera Tampico-Mante km 55, Altamira, Tamaulipas C. P. 89610, México.

*Autor de correspondencia:
Moisés Felipe-Victoriano
felipe.moises@inifap.gob.mx

Sección:
Edición periódica

Revisado:
21 Agosto, 2024
Aceptado:
23 Febrero, 2026
Publicado:
06 Marzo, 2026

Cita:
Ascencio-Luciano G,
Maldonado-Moreno N,
Méndez-Aguilar R y Felipe-
Victoriano M. 2026. Influencia
de la humedad del suelo en
incidencia y severidad de la
mancha foliar (*Alternaria
alternata*) en genotipos de
Glycine max. Revista Mexicana
de Fitopatología 44(2): 118.
<https://doi.org/10.18781/R.ME.X.FIT.2408-00>

RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. El cultivo de soya es afectado por diversas enfermedades ocasionadas por hongos, éstos pueden reducir los rendimientos hasta en un 100 %. El objetivo de este trabajo fue identificar el hongo asociado a la mancha foliar en soya, y evaluar la influencia de la humedad del suelo en la incidencia y severidad de la enfermedad en planta y hoja en 30 genotipos de soya.

Materiales y Métodos. Se colectaron tres hojas de soya con síntomas de mancha foliar por genotipo, para su identificación morfológica del hongo mediante claves taxonómicas. Se evaluaron dos condiciones de humedad (riego y temporal). La incidencia en planta se estimó a partir de 10 plantas al azar, en el mismo periodo se evaluó la incidencia y severidad foliar; para incidencia foliar se contaron hojas sanas y hojas enfermas de 10 plantas por genotipo. Posteriormente, a 10 plantas por genotipo se les seleccionó una hoja en la quinta posición de arriba abajo, las hojas se fotografiaron, y se calculó el área dañada y área total de la hoja con el programa ImageJ, con lo que se determinó severidad en hoja.

Resultados. Se identificó a *Alternaria alternata* asociado a la mancha foliar. En el ambiente de temporal la incidencia en hoja por *A. alternata* osciló entre 4.4 al 50.55 %, para la severidad los valores oscilaron entre 0.3 y 17.4 %. En el ambiente de riego la incidencia varió entre 7 a 50.9 %, la severidad osciló entre 0 y 24.7 %.

Conclusión. Se asoció *A. alternata* a la mancha foliar en soya, la cual es poco estudiada en México, y actualmente se desconocen sus efectos en este cultivo, por ello resulta de interés científico seguir trabajando en proyectos de investigación con esta especie.

Palabras clave: Enfermedad, Tizón foliar, Mancha foliar, *Glycine max*



INTRODUCCIÓN

El cultivo de soya (*Glycine max*) es uno de los granos más importantes a nivel mundial, el cual se utiliza ampliamente en la industria alimentaria, humana y animal, así como en los biocombustibles (Pratap *et al.*, 2012; Cabanos *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022). La semilla tiene entre 40 y 42 % de proteína; se estima que de esta leguminosa se extrae el 25 % del aceite comestible que se consume mundialmente, y dos tercios del concentrado de proteína que se emplea para la alimentación del ganado (Agarwal *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2022). A nivel mundial los principales países productores de soya son Brasil, Estados Unidos, Argentina, China e India que en conjunto representan alrededor del 85 % de la producción mundial (Guo *et al.*, 2022; Gupta y Manjaya, 2022). En México esta oleaginosa se cultiva en Campeche, Veracruz, Yucatán, Chiapas, Tamaulipas, San Luis Potosí, Quintana Roo, Sonora y Sinaloa, con una producción en 2024 de 230 863.19 toneladas en una superficie de 124 951.33 ha (SIAP, 2024).

Las principales amenazas que afectan la producción de soya son el cambio climático, factores edáficos como el pH y conductividad eléctrica, así como malezas, insectos, virus y enfermedades (Bandara *et al.*, 2020; Pozebon *et al.*, 2020; Lin *et al.*, 2022). Respecto a enfermedades, se menciona que el cultivo de soya es susceptible a enfermedades de raíces, enfermedades foliares, así como las que afectan en etapa de plántula. Estas enfermedades pueden ser causadas por diversos microorganismos tales como el nematodo del quiste de la soya (*Heterodera glycines*), bacterias (*Pseudomonas savastanoi*), y hongos causantes de la pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*), mildiú vellosa de la soya (*Peronospora manshurica*), mancha anillada de la soya (*Corynespora cassiicola*), cáncer del tallo de la soya (*Diaporthe aspalathi*), tizón de la hoja o mancha púrpura de la semilla (*Cercospora kikuchii*), síndrome de la muerte súbita (*Fusarium* sp.), roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), podredumbre húmeda del tallo de la soya (*Sclerotinia sclerotiorum*) y la mancha foliar de la hoja (*Alternaria alternata*) (Reznikov *et al.*, 2019; Roth *et al.*, 2020; Bradley *et al.*, 2021; Fagodiya *et al.*, 2022). Estos microorganismos pueden causar pérdidas significativas en los rendimientos de un 11 a 50 %, tan solo en los Estados Unidos de 1996 al 2016, se observaron alrededor de 23 enfermedades del cultivo de soya, en los 28 estados productores, donde se estimaron pérdidas económicas de 95 480 millones de dólares (Bandara *et al.*, 2020).

El hongo *A. alternata* causa la enfermedad denominada mancha foliar o tizón de la hoja en diversos cultivos agrícolas, en soya esta enfermedad es una de las más destructivas en el follaje, y el clima juega un papel importante en la patogenicidad y en el proceso de infección y propagación (Fagodiya *et al.*, 2022; Buzdar *et al.*, 2023). En 2018, en el norte de México en Sinaloa, se observaron síntomas de mancha foliar en la etapa de llenado de grano e inicio de madurez en plantas de soya de la variedad Nainari; de los aislados fúngicos se pudo identificar al género *Curvularia* el cual fue asociado al síntoma de la mancha foliar (González-Molotla *et al.*, 2021). En el periodo de 2020 y 2021, en la provincia de Heilongjiang, China, se observó una mancha foliar poco común en soya, del cual se identificó al patógeno como *A. alternata*, siendo este el primer informe sobre la enfermedad en el noreste de China (Li *et al.*, 2023). En India, en la región de Maharashtra, se reportó la mancha foliar causada por *Alternaria* spp. como una enfermedad importante en el cultivo de soya, de acuerdo a los reportes, la incidencia de esta enfermedad en esa región osciló de entre 12.5 a 41.6 % (Zade *et al.*, 2018). Por su parte, Fagodiya *et al.* (2022), mencionan que *A. alternata* causa la mancha foliar, y se considera una enfermedad

destructiva en el cultivo de soya en Rajasthan, India, donde se menciona daño foliar de 58.2 % en el cultivar RKS-24.

En México, aunque ya se ha reportado la mancha foliar como una enfermedad en el cultivo de soya, esta fue asociado a *Curvularia* sp., por lo anterior, *A. alternata* es un hongo fitopatógeno poco conocido en México, que se puede encontrar en asociación a la mancha foliar en soya. Hasta el momento se desconoce su efecto, y sus posibles daños que puede ocasionar en los principales estados productores. Por ello, el objetivo de esta investigación fue identificar el agente causal que induce la mancha foliar en 30 genotipos de soya, y evaluar la influencia de la humedad del suelo en la incidencia y severidad de esta enfermedad en planta y hoja.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Ubicación y establecimiento del experimento. La evaluación se llevó a cabo en el Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Altamira, Tamaulipas, en las coordenadas geográficas 22° 33' 57.88" latitud norte y 98° 09' 52.47" longitud oeste, a una altitud de 17 m s. n. m. El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano 2022 en una siembra tardía (23 de agosto de 2022) de 30 genotipos de soya. La identificación del hongo y la evaluación de incidencia y severidad de la enfermedad se llevó a cabo a partir de observar en campo una infestación natural de la mancha foliar. Se evaluaron dos condiciones de humedad (riego y temporal). En el tratamiento de riego, se aplicaron cuatro láminas de riego mediante un sistema de riego por goteo; en pre-siembra (13 mm), al momento de la siembra (13 mm) y a los 12 (19 mm) y 45 (26 mm) días después de la siembra (DDS); más la precipitación acumulada durante el ciclo (426.6 mm). Para el tratamiento temporal, las plantas se desarrollaron bajo condiciones de temporal, únicamente se le aplicó un riego de pre-siembra de 13 mm más el acumulado por precipitación. La siembra se realizó de manera directa de forma manual. Los genotipos de soya fueron sembrados en parcelas de dos surcos cada uno, con un distanciamiento entre surcos de 0.76 m por 5 m de largo, lo que dio un total 7.6 m² por parcela útil. Con una densidad de 20 plantas por metro lineal.

Identificación del agente causal. En octubre en el ciclo P-V 2022, se observaron folíolos de soya con clorosis y posterior necrosis en etapa reproductiva entre R5-R6. Se tomaron tres muestras de hoja y raíz por cada genotipo evaluado, las muestras se mantuvieron en una hielera durante el muestreo para evitar la deshidratación, y posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Toxicología del Campo Experimental Las Huastecas. En el laboratorio, se cortaron cuadros de hojas de 4 cm² con síntomas y trozos de raíz de 1 cm, las cuales se desinfectaron en etanol al 75 % durante 5 s y en NaOCl al 2 % durante 2 min, posteriormente se enjuagaron con agua destilada esterilizada durante 3 min. El material vegetal se secó con papel absorbente estéril, después se colocó en cámaras húmedas, las cuales consistieron en cajas Petri de 12 × 12 cm, con papel esterilizado húmedo a temperatura ambiente (≈25-28 °C), con una humedad relativa de 70 a 80 % (Jiang *et al.*, 2018). La identificación del hongo se realizó mediante las claves taxonómicas de Simmons (2007) y Rodríguez-Roa *et al.* (2013); para ello 300 conidios se les realizaron mediciones de ancho, largo, número de septos transversales y número de septos longitudinales.

Evaluación de incidencia en planta. A los 99 DDS, se evaluó la incidencia visual de la enfermedad en planta por genotipo. Para ello, se seleccionaron 10 plantas al azar (5 por surco) ubicadas dentro de los 3 metros centrales de los dos surcos de cada genotipo de soya. Se revisó cuidadosamente la presencia o ausencia de los síntomas de la enfermedad (manchas foliares irregulares de color amarillo/necrosis irregular color café oscuro con bordes amarillos), se consideró planta enferma cuando se observó clorosis sin necrosis en la lámina foliar de una hoja en la planta. La incidencia en planta se estimó mediante la siguiente fórmula: Incidencia en planta (%) = (Plantas enfermas / Plantas totales) x 100 (Herrera y Laurentin, 2012).

Incidencia y severidad en hoja. Para incidencia foliar se contaron hojas sanas y hojas enfermas en 10 plantas, con lo que se estimó el porcentaje de incidencia en hoja mediante la siguiente fórmula: Incidencia en hoja (%) = (Hojas enfermas / Hojas totales) x 100 (Felipe-Victoriano *et al.*, 2025). Para severidad, a 10 plantas al azar por genotipo se le seleccionó la quinta hoja de arriba abajo, las hojas se cortaron y colocaron en un panel blanco de 30*30 cm donde fueron fotografiados con una cámara de la marca SONY DSC-H300, con lo que se determinó el área dañada y área total de la hoja con el programa ImageJ. Posteriormente, la severidad en hoja se estimó con la fórmula: Severidad = (Área dañada de la hoja / Área total de la hoja) x 100 (Rasband, 2018). Se realizó un ANOVA de una vía, y la comparación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) en el software estadístico de INFOSTAT (2023).

Identificación de hongos. De las muestras de raíz, solo en una se desarrolló *Sclerotinia sclerotiorum*, un hongo fitopatógeno con amplio rango de hospedantes, entre los que se encuentra la raíz y tallos del cultivo de soya (Zhu *et al.*, 2022); mientras que en folíolos con las condiciones de temperatura de ≈ 25 a 28°C y una humedad relativa de 80 %, se observó el desarrollo de conidióforos del cual se desarrollaron conidios, con lo que se pudo identificar *A. alternata* como una especie asociada a la mancha foliar en soya. De las lesiones foliares el único hongo que se observó fue *A. alternata*.

El hongo *A. alternata* en el cultivo de soya se observó en campo como manchas foliares irregulares de color amarillo, fuertemente marcado desde el inicio de la infección (Figura 1A). Posteriormente, donde inicia la clorosis se desarrolla una necrosis irregular color café oscuro con bordes amarillos que puede cubrir gran parte de la hoja (Figura 1A). En los folíolos de soya no se pueden apreciar perfectamente los anillos concéntricos característicos del género *Alternaria*, y cuando son visibles son bastante tenues. En las cámaras húmedas, se observaron conidióforos y cadenas de conidios (Figura 1B). Se observaron conidióforos a 40X de color café oscuro, rectos, localizados por encima del folíolo, los conidios midieron de 23.3 - 57.2 μm de largo por 8.0 – 13.2 μm de ancho, con 2 a 5 septos transversales y de 0 a 3 longitudinales (Figura 1C).



Figura 1. *Alternaria alternata* en soya, **A)** Hojas con síntomas, **B)** Signos observados al microscopio estereoscopio a 4X, **C)** Conidios de *A. alternata* observadas al microscopio óptico a 40X.

En 2019, en Turquía y Paquistán, se observaron síntomas similares a los descritos en este trabajo en un cultivo de soya, en el aislamiento se identificó a *A. alternata*, presentando conidios oscuros con uno o dos septos transversales y de cuatro a nueve septos longitudinales, las dimensiones de los conidios fueron de 29×13 a $59 \times 26 \mu\text{m}$, características morfológicas similares a los observados en la presente investigación (Ustun *et al.*, 2019; Buzdar *et al.*, 2023). Al respecto, en Argentina, Larran *et al.* (2002), mencionan que *A. alternata* es un hongo fitopatógeno endófito en el cultivo de soya el cual se observaron signos y síntomas a partir de la etapa R2. Posteriormente, en el Sur y Este de Rajasthan, India, Fagodiya *et al.* (2022) reportaron *A. alternata*, como una de las enfermedades fúngica más destructivas para el cultivo de soya.

La incidencia de la mancha foliar inducida por *A. Alternata* en planta, dependió de la humedad en el suelo, el mayor número de plantas con síntomas y signos de *A. Alternata* se observaron en el tratamiento donde se aplicaron los riegos, respecto al tratamiento en ambiente de temporal (Figura 2). En condiciones de temporal los genotipos H10-3057, H02-1706, H98-1076, Huasteca 600, Huasteca 700 y H17-0882 presentaron una incidencia de la enfermedad por planta de entre 30 y 60 %, mientras que en el ambiente de riego los genotipos H10-3057, H98-1076, Huasteca 600 y Huasteca 700 presentaron una incidencia de entre 50 a 60 % (Figura 2).

En el tratamiento de riego el 33.3 % de los genotipos presentaron 100 % de incidencia, mientras que el tratamiento de temporal solo el 16.6 % presentó este porcentaje de incidencia (Figura 2). Al respecto Zade *et al.* (2018) mencionan que en la región de Vidarbha en India, *A. alternata* causante de la mancha foliar en soya presentó una incidencia de entre 12.5 y 41.6 %, esta baja incidencia de la enfermedad podría atribuirse a que esta región presenta una zona climática semiárida, donde se pueden alcanzar temperaturas de hasta 48°C en verano, y estas condiciones no favorecen el desarrollo de enfermedades fúngicas, como en el caso de regiones con un tipo de clima cálido subhúmedo como en el sur de Tamaulipas, México donde se puede presentar una incidencia de la mancha foliar en planta de un 30 a 100 %. Así mismo Zade *et al.* (2018) mencionan que en los aislamientos del hongo puede presentarse otras especies de *Alternaria* como *A. tenuissima*, el cual su incidencia fue menor a 3.8 % (Zade *et al.*, 2018).

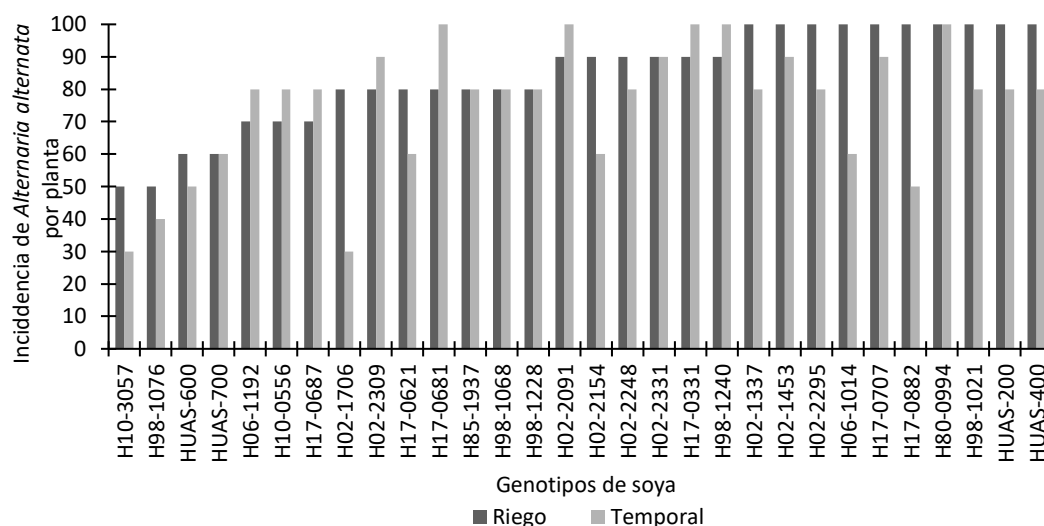


Figura 2. Incidencia de la mancha foliar por planta causado por *Alternaria alternata*, en genotipos de soja en condiciones de riego y temporal en Altamira, Tamaulipas, 2022. HUAS = Huasteca.

La incidencia y severidad de la mancha foliar (*A. alternata*) en hoja en condiciones de temporal presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Valor $p < 0.0001$). En el tratamiento de temporal la enfermedad se presentó en un 4.4 y 50.5 % de las hojas de los genotipos evaluados. Los genotipos H10-3057, H02-1706, H17-0621, H98-1076, H02-2154 presentaron la menor incidencia foliar de *A. alternata*, la cual fue ≤ 10 % de hojas con síntomas de la enfermedad. Respecto a severidad causada por *A. alternata* los valores oscilaron entre 0.3 a 17.4 %. El 66.6 % de los materiales presentaron un daño menor al 8.4 %, entre los cuales destacan los genotipos H02-1706, HUAS-700 los cuales mostraron una mayor tolerancia a *A. alternata*, al presentar un daño foliar ≤ 0.8 % (Cuadro 1, Figura 3).

La incidencia y severidad de *A. alternata* en hoja en condiciones de riego presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Valor $p < 0.0001$ y 0.0143). En el Cuadro 1, se observa que, en condiciones de riego, una planta puede presentar entre 7 y 50.9 % de sus hojas síntomas de mancha foliar asociado a *A. alternata*; para esta condición de humedad únicamente dos genotipos (H98-1076 y Huasteca 700) mostraron una incidencia de la enfermedad en sus hojas por debajo del 10 %. Respecto a la severidad en hoja causada por *A. alternata*, los valores oscilaron entre 0 y 24.7 %. Es importante destacar que bajo las condiciones de riego el 76.6 % de los materiales presentaron una severidad menor ≤ 10 % (Cuadro 1, Figura 3).

Cuadro 1. Incidencia y severidad en hoja de la mancha foliar causada por *Alternaria alternata*, en genotipos de soya en condiciones de temporal y riego, en Altamira, Tamaulipas, 2022.

Condiciones de temporal					Condiciones de riego				
Genotipos soya	Incidencia (%)		Severidad (%)		Genotipos soya	Incidencia (%)		Severidad (%)	
H10-3057	4.4 (± 2.4 ⁺)	a ^z	1.5 (±1.0)	ab	H98-1076	7.0 (± 2.9 ⁺)	a ^z	7.3 (±4.3)	abc
H02-1706	5.6 (± 3.3)	ab	0.3 (±0.3)	a	HUAS-700	7.6 (± 2.4)	a	6.2 (±2.7)	abc
H17-0621	6.1 (± 1.9)	ab	2.6 (±2.6)	abc	H10-3057	13.1 (± 5.5)	abc	0.0 (±0)	a
H98-1076	7.8 (± 3.3)	abc	1.3 (±0.6)	ab	HUAS-600	17.2 (± 6.0)	abc	5.9 (±4.9)	abc
H02-2154	10.0 (± 8.3)	abcde	13.6 (±5.9)	cd	H17-0621	21.7 (± 6.5)	abcde	3.8 (±2.9)	ab
HUAS-700	10.1 (± 4.0)	abcd	0.8 (±0.5)	ab	H02-1706	23.4 (± 6.2)	abcde	0.0 (±0)	a
H06-1014	10.8 (± 4.2)	abcd	15.5 (±4.1)	d	H98-1068	24.7 (± 5.5)	abcdef	11.5 (±4.7)	abc
H85-1937	11.9 (± 2.9)	abcd	1.4 (±1.4)	ab	H17-0687	25.5 (± 7.5)	abcdefg	4.5 (±1.6)	abc
HUAS-600	13.9 (± 6.1)	abcde	1.9 (±0.8)	abc	H98-1021	26.8 (± 6.8)	abcdefgh	6.9 (±3.1)	abc
H17-0882	14.6 (± 6.0)	abcde	6.3 (±2.7)	abcd	H17-0331	27.2 (± 4.8)	abcdefgh	17.8 (±6.7)	cd
H17-0687	16.0 (± 4.6)	abcde	2.4 (±2.2)	abc	H85-1937	27.8 (± 6.3)	abcdefgh	1.6 (±0.8)	a
HUAS-400	18.6 (± 5.6)	abcde	8.4 (±4.1)	abcd	H98-1228	29.2 (± 7.4)	abcdefgh	6.3 (±3.5)	abc
H98-1228	20.5 (± 5.6)	abcdef	2.1 (±1.5)	abc	H10-0556	31.1 (± 9.4)	bcdefgh	7.6 (±3.1)	abc
HUAS-200	23.6 (± 5.6)	abcdefg	6.6 (±2.8)	abcd	H02-2154	33.8 (± 5.9)	cdefgh	7.8 (±3.3)	abc
H06-1192	24.1 (± 4.7)	abcdefg	6.4 (±3.9)	abcd	H06-1192	34.7 (± 11.0)	cdefgh	10.0 (±4.3)	abc
H02-2248	25.3 (± 7.1)	bcdefgh	12.9 (±5.9)	bcd	H06-1014	36.0 (± 4.5)	cdefgh	3.51 (±2.2)	ab
H02-1337	27.4 (± 7.2)	cdefghi	7.4 (±3.3)	abcd	H17-0681	37.9 (± 10.8)	defgh	10.5 (±3.5)	abc
H98-1021	27.5 (± 7.3)	cdefghi	7.1 (±3.7)	abcd	H02-2331	38.3 (± 5.2)	defgh	10.7 (±4.9)	abc
H02-1453	28.1 (± 8.8)	cdefghi	14.5 (±4.3)	d	H98-1240	41.3 (± 7.3)	efgh	9.4 (±4.1)	abc
H10-0556	29.0 (± 8.5)	defghi	1.5 (±1.1)	ab	H02-2309	41.3 (±8.9)	efgh	8.2 (±3.6)	abc
H98-1068	30.4 (± 6.9)	defghi	2.3 (±0.9)	abc	H02-1337	41.4 (± 4.0)	efgh	4.9 (±2.5)	abc
H17-0707	32.5 (± 4.2)	efghij	14.7 (±4.0)	d	H02-2295	42.0 (± 8.0)	efgh	6.2 (±3.0)	abc
H98-1240	39.4 (± 4.3)	fghij	2.4 (±1.2)	abc	H02-2248	42.3 (± 9.5)	efgh	6.1 (±2.6)	abc
H02-2295	40.5 (± 9.3)	fghij	16.7 (±4.5)	d	HUAS-400	47.9 (± 8.7)	fgh	5.6 (±2.7)	abc
H80-0994	41.2 (± 4.7)	ghij	12.9 (±6.1)	bcd	H02-1453	48.1 (± 5.7)	fgh	7.7 (±4.2)	abc
H02-2091	41.6 (± 6.6)	ghij	12.0 (±5.6)	abcd	H17-0707	48.5 (±6.7)	fgh	10.8 (±3.2)	abc
H02-2331	42.9 (± 7.4)	ghij	17.4 (±4.8)	d	H02-2091	49.4 (± 9.9)	gh	15.6 (±6.4)	bcd
H17-0681	44.3 (± 5.2)	hij	14.5 (±5.4)	d	H17-0882	50.0 (± 7.2)	gh	5.7 (±2.6)	abc
H02-2309	45.5 (±10.2)	ij	6.4 (±2.5)	abcd	HUAS-200	50.6 (± 5.3)	h	7.5 (±5.2)	abc
H17-0331	50.5 (± 4.9)	j	6.6 (±1.9)	abcd	H80-0994	50.9 (± 4.2)	h	24.7 (±6.7)	d
Valor p	<0.0001		<0.0001		Valor p	<0.0001		0.0143	

^zLiterales diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Duncan; $\alpha = 0.05$), +desviación estándar. HUAS= Huasteca.

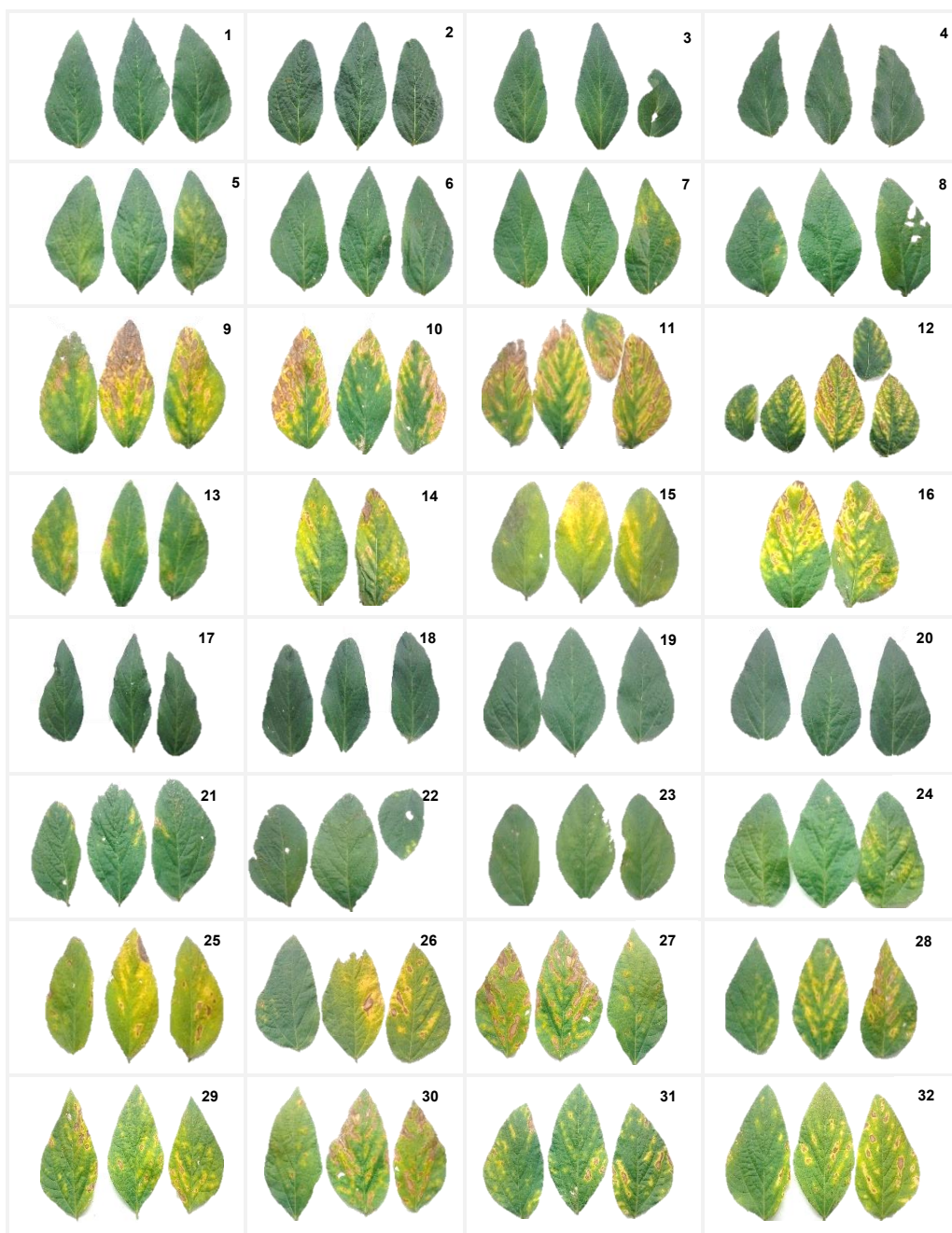


Figura 3. Síntomas de mancha foliar en soya inducidos por *Alternaria alternata*, hojas ubicada en quinta posición de arriba-abajo en genotipos de soya en condiciones de riego, (genotipos con menores daños) H10-3057 (1-2), H02-1706 (3-4), H85-1937 (5-6), H06-1014 (7-8); (genotipos con mayores daños) H80-0994 (9-10), H17-0331 (11-12), H02-2091 (13-14), H98-1068 (15-16); condiciones de temporal, (genotipos con menores daños) H02-1706 (17-18), HUAS-700 (19-20), H98-1076 (21-22), H85-1937 (23-24); (genotipos con mayores daños)), H02-2331 (25-26), H02-2295 (27-28), H06-1014 (29-30), H17-0707 (31-32).

La mancha foliar ocasionada por *A. alternata* en soya es una de las enfermedades emergente en el cultivo en los últimos 8 años, el cual puede presentar una incidencia (12 a 41.6 %) y severidad (58.2 %), debido principalmente al cambio climático (Fagodiya *et al.*, 2022). En México es una enfermedad poco conocida en el cultivo de soya, actualmente se desconocen sus efectos en este cultivo; en la literatura se reporta que tiene mayor predisposición a desarrollar epifitias en cultivos de zonas húmedas y cálidas húmedas; lo que concuerda con lo observado en esta investigación donde se observó que *A. alternata*

presentó un mayor porcentaje de incidencia en los tratamientos con mayores niveles de riego respecto a tratamientos en temporal. Fagodiya *et al.* (2022), mencionan que otro factor importante para el desarrollo de epifitias por *A. alternata* es la temperatura, indican que temperaturas de entre 15 y 34 °C son propicias para el desarrollo de la enfermedad.

CONCLUSIONES

De acuerdo a características morfológicas macro y micrométricas (conidióforos y conidios) se identificó a *A. alternata* asociado a la mancha foliar en el cultivo de soya. En planta y follaje la incidencia de *A. alternata* dependió de la humedad en el suelo, a mayor humedad se presentó mayor incidencia y severidad en los diferentes genotipos evaluados. Los genotipos H10-3057, H98-1076, Huasteca 600 y Huasteca 700 presentaron los valores más bajos de incidencia (< 17.2) y severidad (< 7.3) en los dos ambientes, lo que indicaría que probablemente presentan cierto grado de tolerancia a la mancha foliar en este cultivo.

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener conflicto de interés en este manuscrito.

Financiamiento. Proyecto INIFAP 10591135439, Generación de variedades de soya de alta productividad para el trópico de México.

Agradecimientos. Los autores expresan su sincero agradecimiento al personal de campo que apoyó durante la realización de las evaluaciones.

Contribución de los autores. Concepción del estudio (GAL, NMM, RMA, MFV), diseño del experimento (GAL, NMM, MFV), ejecución del experimento (NMM, RMA, MFV), verificación del experimento (GAL, NMM, RMA, MFV), análisis e interpretación de datos (GAL, MFV), análisis estadístico (GAL, MFV), preparación del manuscrito (GAL, RMA, MFV), edición y revisión del manuscrito (GAL, NMM, RMA, MFV), aprobación de la versión final del manuscrito (GAL, NMM, RMA, MFV).

REFERENCIAS

- Agarwal DK, Billore SD, Sharma AN, Dupare BU and Srivastava SK. 2013. Soybean: introduction, improvement, and utilization in India problems and prospects. *Agricultural Research* 2(4): 293-300. <https://doi.org/10.1007/s40003-013-0088-0>
- Bandara AY, Weerasooriya DK, Bradley CA, Allen TW and Esker PD. 2020. Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. *PloS one* 15(4): e0231141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231141>
- Bradley CA, Allen TW, Sisson AJ, Bergstrom GC, Bissonnette KM, *et al.* 2021. Soybean yield loss estimates due to diseases in the United States and Ontario, Canada, from 2015 to 2019. *Plant Health Progress* 22(4): 483-495. <https://doi.org/10.1094/PHP-01-21-0013-RS>
- Buzdar MI, Ahmed N, Awan MJA, Ur-Rahman S, Waqas MAB, *et al.* 2023. Occurrence and characterization of *Alternaria alternata* causing leaf spot of soybean (*Glycine max*) in Pakistan. *Journal of Plant Pathology* 105(4): 1651-1659. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42161-023-01464-4>
- Cabanas C, Matsuoka Y and Maruyama N. 2021. Soybean proteins/peptides: A review on their importance, biosynthesis, vacuolar sorting, and accumulation in seeds. *Peptides* 143: 170598. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2021.170598>
- Fagodiya RK, Trivedi A and Fagodia BL. 2022. Impact of weather parameters on *Alternaria* leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports* 12(1): 6131. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-10108-z>
- Felipe-Victoriano N, Bautista-Pérez CE, García-Ramírez A, Delgado-Luna C and Felipe-Victoriano M. 2025. Identification and evaluation of damage caused by *Nicentrites testaceipes* (Champion, 1908) in maize in the Amanalco-Valle de Bravo basin, Mexico. *Journal of the Entomological Research Society* 27(1): <https://101-110.10.51963/jers.v27i1.2736>
- González-Molotla IA, Félix-Gastélum R, Leyva-Madrigal KY, Quiroz-Figueroa FR and Maldonado-Mendoza IE. 2021. Etiología de la mancha foliar en soya (*Glycine max*) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 39(3): 371-390. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2105-2>
- Guo B, Sun L, Jiang S, Ren H, Sun R, *et al.* 2022. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production. *Theoretical and Applied Genetics* 135(11): 4095-4121. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-022-04222-9>

- Gupta SK and Manjaya JG. 2022. Advances in improvement of soybean seed composition traits using genetic, genomic and biotechnological approaches. *Euphytica* 218(7): 99. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-022-03046-4>
- Herrera I. y Laurentin H. 2012. Evaluación de la esporulación de *Fusarium oxysporum* f. sp. *sesami* en dos medios de cultivo y dos metodologías de inoculación en ajonjolí (*Sesamum indicum*). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(3): 639-643.
- Jiang Y, Xu J, Hu L, Liu KJ, Xu XD, *et al.* 2018. First report of sorghum zonate leaf spot caused by *Gloeocercospora sorghi* in China. *Plant Disease* 102(5): 1033-1033. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-17-1217-PDN>
- Larran S, Rollán C, Bruno HA, Alippi HE and Urrutia MI. 2002. Endophytic fungi in healthy soybean leaves. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales* 17(1): 173-178.
- Li W, Huang W, Zhou J, Wang J, Liu J and Li Y. 2023. Evaluation and control of *Alternaria alternata* causing leaf spot in soybean in Northeast China. *Journal of Applied Microbiology* 134(2): lxad004. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad004>
- Lin F, Chhapekar SS, Vieira CC, Da Silva MP, Rojas A, *et al.* 2022. Breeding for disease resistance in soybean: a global perspective. *Theoretical and Applied Genetics* 135(11): 3773-3872. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-022-04101-3>
- Liu S, Zhang M, Feng F and Tian Z. 2020. Toward a “green revolution” for soybean. *Molecular plant* 13(5): 688-697. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.03.002>
- Pozebon H, Marques RP, Padilha G, O’ Neal M, Valmorbida I, *et al.* 2020. Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. *Journal of Economic Entomology* 113(4): 1591-1608. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa108>
- Pratap A, Gupta SK, Kumar J and Solanki RK. 2012. *Technological Innovations in Major World Oil Crops*, First Edition. Heidelberg, Germany/Cambridge University press, 405 p.
- Rasband WS. 2018. ImageJ. Bethesda, MD: U.S. National Institutes of Health <https://imagej.nih.gov/ij/> (Consulta, septiembre 2024).
- Reznikov S, De Lisi V, Claps P, Gonzalez V, Devani MR, *et al.* 2019. Evaluation of the efficacy and application timing of different fungicides for management of soybean foliar diseases in northwestern Argentina. *Crop Protection* 124: 104844. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104844>
- Rodríguez-Roa JH, Cárdenas M and Jiménez P. 2013. Especies de *Alternaria* de la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* 9(2): 228-247. <https://doi.org/10.18359/rfcb.361>
- Roth MG, Webster RW, Mueller DS, Chilvers MI, Faske TR, *et al.* 2020. Integrated management of important soybean pathogens of the United States in changing climate. *Journal of Integrated Pest Management* 11(1): 17. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa013>
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2024 en México. El cultivo de soya. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado el 29 de marzo de 2025, de https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/
- Simmons EG. 2007 *Alternaria*. An identification manual. CBS Biodiversity Series 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands.
- Ustun R, Cat A, Uzun B and Catal M. 2019. First report of *Alternaria alternata* causing leaf spot disease on soybean (*Glycine max*) in Antalya Province of Turkey. *Plant Disease* 103(12): 3284. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-1026-PDN>
- Zade SB, Ingle YV, Mane SS and Gathe AG. 2018. Survey of *Alternaria* leaf spot of soybean in central vidarbha. *Journal of Plant Disease Sciences* 13(2): 107-110. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:jpbs&volume=13&issue=2&article=004>
- Zhang M, Liu S, Wang Z, Yuan Y, Zhang Z, *et al.* 2022. Progress in soybean functional genomics over the past decade. *Plant Biotechnology Journal* 20(2): 256-282. <https://doi.org/10.1111/pbi.13682>
- Zhao Q, Xu Y and Liu Y. 2022. Soybean oil bodies: A review on composition, properties, food applications, and future research aspects. *Food Hydrocolloids* 124: 107296. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107296>
- Zhu GY, Shi XC, Wang SY, Wang B and Laborda P. 2022. Antifungal mechanism and efficacy of kojic acid for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. *Frontiers in Plant Science* 13, 845698. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.845698>