



Escala diagramática para cuantificar la severidad de mancha café en el cultivo de haba

Ernesto Alonso López-Reyes, Álvaro Castañeda-Vildózola*, Jesús Ricardo Sánchez-Pale, Alejandra Contreras-Rendón, Juyma Mayvé Fragoso-Benhumea; Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Ctra. Toluca-Ixtlahuaca Km. 15.5, El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, C.P. 50200, México, **Rómulo García-Velasco,** Centro Universitario UAEM Tenancingo. Carretera Tenancingo - Villa Guerrero Km. 1.5 Tenancingo, Estado de México, C.P. 52400, México.

**Autor de
correspondencia:*

Álvaro
Castañeda-Vildózola
acastanedav@uaemex.mx

*Sección:
Edición periódica*

Recibido:
15 Septiembre, 2022

Aceptado:
10 Diciembre, 2023

Publicado:
26 Diciembre, 2023

Cita:

López-Reyes EA,
Castañeda-Vildózola
A, Sánchez-Pale JR,
Contreras-Rendón A,
Fragoso-Benhumea JM y
García-Velasco R. 2024.
Escala diagramática para
cuantificar la severidad de
mancha café en el cultivo
de haba.
Revista Mexicana de
Fitopatología 42(1): 6.
[https://doi.org/10.18781/R.
MEX.FIT.2209-4](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2209-4)



RESUMEN

Objetivo/antecedentes: El objetivo de esta investigación fue diseñar y validar una escala diagramática de severidad de la mancha café en haba.

Materiales y Métodos: En tres plantaciones comerciales, se recolectaron 120 foliolos con diferente nivel de daño de mancha café, realizando una selección visual a partir de la sintomatología. Se digitalizaron 60 foliolos para evaluarse con el software APS PRESS ©Assess 2.0 y determinar el valor de la severidad real de cada foliolo.

Resultados: Los valores de severidad permitieron generar una escala diagramática conformada por seis clases diferentes 0(0.0), 1(0.1-6.0), 2(6.1-10.0), 3(10.1-15.0), 4(15.1-40.0), 5(> 40.1-100). 20 evaluadores sin experiencia realizaron la primera evaluación visual (sin escala diagramática) de los foliolos con diferentes grados de daño. Posteriormente, se realizó una segunda evaluación, con 10 evaluadores, con apoyo de la escala. Los resultados obtenidos de cada evaluador se analizaron mediante una regresión lineal simple obteniendo valores de $r^2 = 0.0042$ a 0.8748 , β_0 de 0.51 a 9.11 , y β_1 de 0.132 a 0.925 , sin uso de escala. Con uso de escala se obtuvieron valores de $r^2 = 0.9143$ a 0.9851 , β_0 de 0.001 a 0.911 y $\beta_1 < 0.001$.

Conclusión: La escala diagramática de severidad generada fue validada y reproducible, mostrando una alta confiabilidad.

Palabras clave: Síntomas, daño, evaluación, reproducibilidad.

INTRODUCCIÓN

En 2022 el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en México, reportó una superficie sembrada de 9,445.0 ha de haba (*Vicia faba*), de las cuales se cosecharon 9,436.0 ha para grano fresco, mientras que para grano seco se sembraron 17,246 ha y cosecharon 17,231 ha. El Estado de México reportó 4,397 ha sembradas de haba para cosecha en verde, ocupando el primer lugar de producción a nivel nacional (SIAP, 2023). El haba es considerada como una especie con atribuciones alimenticias, biológicas e incluso medicinales (Prabhu y Rajeswari, 2018). A pesar de su importancia, el cultivo es afectado por enfermedades ocasionadas por *Ascochyta fabae*, *Botrytis fabae*, *Puccinia vicia-fabae* y *Rhizoctonia* spp., las cuales han ocasionado innumerables pérdidas económicas al productor.

En Egipto, enfermedades como la mancha de chocolate (*Botrytis fabae*) y la mancha café (*Ascochyta fabae*) reportan afectaciones entre 25 al 80 % del área foliar (Omar, 2021). López (2013) señaló a la mancha café como una de las principales enfermedades que afectan el cultivo de haba en el Valle de Toluca, la cual causa lesiones circulares concéntricas en hojas, tallos y vainas, también se trasmite por semilla, afecta la calidad y el rendimiento de un 10 a 34 % (Ahmed *et al.*, 2016). Una alternativa para conocer los patógenos presentes en los cultivos de importancia, es realizar estudios epidemiológicos, como estimar el área bajo la curva del progreso de la enfermedad, donde estiman los daños causados del agente causal a través del tiempo y espacio, mediante la determinación de incidencia, severidad y la relación con los factores climatológicos, manejo y subsistemas involucrados, para establecer soluciones a los problemas fitosanitarios (Olivares *et al.*, 2021).

Por ejemplo, Meirelles y Cardoso (2012) señalan que la estimación de la severidad se ve influenciada por la subjetividad del evaluador al cuantificar el daño. En la actualidad, el uso de escalas diagramáticas se ha convertido en una herramienta útil para evaluar diversas enfermedades, por su fácil uso y porque poseen intervalos importantes para representar el desarrollo de una enfermedad, además de permitir una evaluación inmediata (Acco *et al.*, 2020) y toma de decisiones rápidas para la implementación de estrategias de manejo. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue diseñar y validar una escala diagramática para determinar la severidad de la mancha café (*Ascochyta fabae*) en el cultivo de haba.

En tres parcelas comerciales de haba criolla, previas a floración, de los municipios Calimaya (2117276.10 UTM N; 428894.07 UTM E), Toluca (2125772.03 UTM N; 428452.94 UTM E) y Zinacantepec (2124996.43 UTM N; 419277.08 UTM E) del Valle de Toluca, en el ciclo agrícola primavera-verano del 2021 (clima templado lluvioso (Cwbg) y temperatura promedio de 12.5 °C con lluvias predominantes en verano), se colectaron 60 folíolos del estrato bajo y 60 del estrato medio de plantas en fase vegetativa. Se seleccionaron plantas con síntomas característicos

asociados a la macha café y con diferentes niveles de daño, así como folíolos asintomáticos. Los folíolos se conservaron en una prensa botánica con la finalidad de mantenerlos libres de daños mecánicos y preservar sus características hasta llevarlas al laboratorio de Fitosanidad de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Los folíolos colectados se preseleccionaron visualmente y se descartaron los que presentaron daños mecánicos, seleccionando 69 folíolos representativos.

Se seleccionaron 12 folíolos por cada clase más nueve folíolos sanos, se agruparon en categorías o rangos similares y se digitalizaron en fresco con ayuda de una impresora multifuncional marca HP® LASERJET PRO, modelo MFP M127fn.

En cada folíolo, se evaluó el área dañada con relación al área total y se expresó en porcentaje, utilizando el software APS PRESS ©Assess 2.0 2008. El área con síntomas y el área asintomática fueron determinados con RGB (Rojo, Verde, Azul) de acuerdo con la metodología propuesta por Massom *et al.* (2013); y se estimó la severidad real de la enfermedad (S), de acuerdo con la fórmula propuesta por Nutter *et al.* (2006): Severidad = [(área enferma / área total de la hoja digitalizada) * 100]. Los niveles intermedios de la severidad de la mancha café se determinaron de acuerdo con la ley de agudeza visual de Weber-Fechner, que establece una relación cuantitativa entre la magnitud de un estímulo físico y cómo este es percibido por el sujeto (Horsfall y Barrat, 1945; Rivera-Zabala, 2016), permitiendo establecer seis clases de severidad, así como sus límites mínimos y máximos en cada una. Para la escala, se seleccionó la hoja con el valor más cercano al promedio de severidad de cada clase. Para validar la escala diagramática de severidad, se evaluaron 69 imágenes digitales representativas de los diferentes grados de daño e insertaron aleatoriamente en diapositivas individuales para ser visualizadas en Microsoft 365® Power Point® (2022) y proyectadas en un proyector multimedia marca EPSON PowerLite S18+ modelo V11H552021 a 20 evaluadores sin experiencia y sin apoyo de una escala diagramática, en un tiempo de 30 segundos para su visualización de cada imagen.

En una segunda evaluación, realizada a los ocho días posterior a la primera evaluación, 10 de los 20 evaluadores, con mejor agudeza visual, usaron la escala diagramática propuesta para evaluar 60 folíolos. En las dos evaluaciones, para cuantificar la exactitud de las evaluaciones de severidad que hicieron los evaluadores, se realizó una regresión lineal simple, con el parámetro de coeficiente de determinación (r^2), así como el margen de error ($1-r^2$) realizándose una prueba de T al intercepto de la regresión lineal (β_0) para verificar la siguiente hipótesis H_0 : $b_0 = 0$ y con el coeficiente de la pendiente de la recta (β_1) y verificar si fue diferente de 1: H_1 : $b_1 = 1$, con una $P \leq 0.01$. La evaluación de ambos juegos de hipótesis se llevó a cabo con un nivel de significancia de 0.01. Adicionalmente, la precisión de las estimaciones obtenidas mediante el cálculo del coeficiente de determinación,

exactitud y los errores absolutos se obtuvo con un análisis de regresión lineal simple con el software SAS® versión 9.0 (SAS Institute, 2002), la severidad real como variable dependiente y la estimada como independiente. Las estimaciones se evaluaron con base a la precisión (r^2) y los errores absolutos (severidad estimada menos la severidad real) (Nutter Jr. *et al.*, 1995).

El software APS PRESS® Assess 2.0 (2008) determinó porcentajes de área dañada que fluctuaron del 0 al 77.1 %; en la primera evaluación, cinco de los evaluadores presentaron un alto nivel de precisión para la identificación de la clase correspondiente a la severidad de la enfermedad, mientras que el resto de los evaluadores mostraron deficiencias en su precisión (Cuadro 1). En este sentido, Barbosa *et al.* (2006) mencionan que los valores observados de precisión de los evaluadores que no tienen experiencia no son aceptables enfatizando que un entrenamiento podría tener una influencia favorable en la calidad de las evaluaciones.

Cuadro 1. Valores del Intercepto (β_0), pendiente de la línea (β_1), coeficiente de determinación (r^2) y margen de error ($1-r^2$) de la ecuación de regresión lineal simple en las estimaciones visuales de la severidad de la mancha café en haba (*Ascochyta fabae*), con 20 evaluadores sin escala y 10 evaluadores con escala

Sin escala										Con escala					
ID	β_0	β_1	r^2	1-r ²	ID	β_0	β_1	r^2	1-r ²	ID	β_0	β_1	r^2	1-r ²	
1	8.224	0.227	0.191	0.808	11	9.370	0.094	0.112	0.887	1	0.055*	<0.0001**	0.9851	0.0149	
2	5.707	0.302	0.325	0.674	12	10.425	0.066	0.051	0.948	2	0.307*	<0.0001**	0.9845	0.0155	
3	7.170	0.195	0.171	0.828	13	9.995	0.116	0.408	0.591	3	0.452*	<0.0001**	0.9847	0.0153	
4	6.347	0.305	0.350	0.650	14	6.009	0.188	0.335	0.664	4	0.911*	<0.0001**	0.9843	0.0157	
5	0.510*	0.921*	0.811	0.188	15	10.008	0.065	0.050	0.949	5	0.887*	<0.0001**	0.9843	0.0157	
6	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	16	11.717	0.044	0.007	0.993	6	0.001*	<0.0001**	0.9143	0.0857	
7	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	17	11.613	0.031	0.010	0.989	7	0.106*	<0.0001**	0.9543	0.0457	
8	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	18	9.831	0.069	0.055	0.944	8	0.524*	<0.0001**	0.9684	0.0316	
9	0.941*	0.925*	0.8748	0.125	19	10.842	0.111	0.029	0.971	9	0.013*	<0.0001**	0.9464	0.0536	
10	9.116 ^{ns}	0.132	0.119	0.880	20	11.872	0.030	0.0042	0.995	10	0.279*	<0.0001**	0.9407	0.0593	
Promedio									0.3263	0.672	Promedio			0.9647	0.0353

a coalescer, desarrollan color grisáceo y/o marrón chocolate con centro claro), **C4**: (15.1-40.0; 27.5= La mayor parte de las lesiones inician a coalescer, comienzan a ser de oscuros a necróticas), **C5**: (>40.1-100; 70.0= Las lesiones coalescen, desarrollan un color café oscuro con un total hundimiento del centro); estos niveles fueron usados para determinar los límites de la escala. El valor mínimo de severidad fue 0 % (foliolo sano) y un valor máximo de severidad de 40.1 % (hoja dañada), esta última presenta características de coalescencia de las lesiones y desarrolla un color negro, con un hundimiento total en el centro (Figura 1). La escala construida concuerda con los señalado por Campbell y Madden (1990) quienes definen a la escala de severidad como una serie de clases que deben contener los rangos de severidad para una determinada enfermedad, proporcionando una resolución adecuada al comportamiento de la severidad.

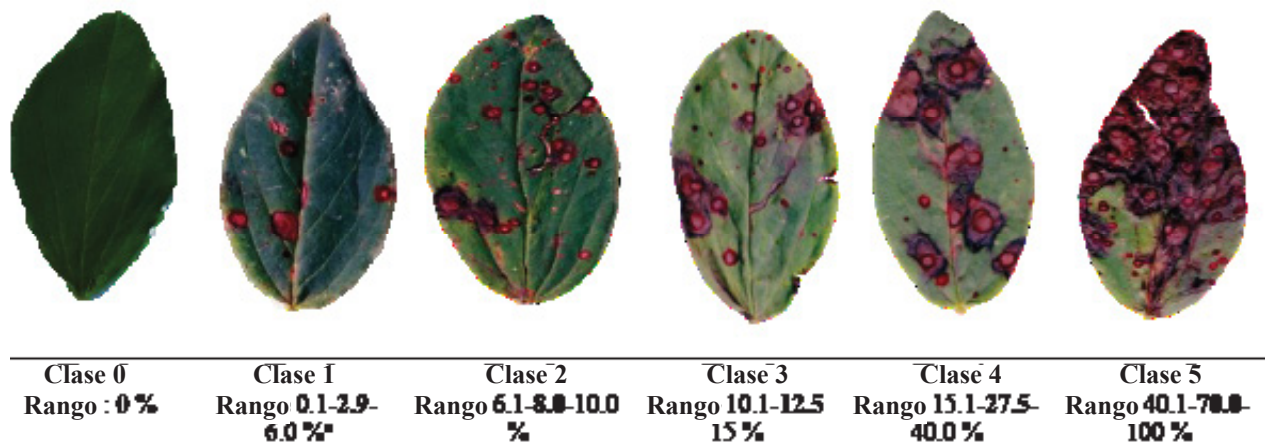


Figura 1. Escala diagramática de severidad de la mancha café (*Ascochyta fabae*) en haba. ^aLímite inferior-promedio-límite superior.

Los valores del coeficiente de determinación (r^2) de los 20 evaluadores sin experiencia, fluctuaron de 0.0042-0.8748 con una media de 0.3267, mientras que el margen de error ($1-r^2$) fue de 0.125 hasta 0.995 y una media de 0.673 (Cuadro 1). En la validación con apoyo de la escala, los valores del coeficiente de determinación (r^2) oscilaron entre 0.9143-0.9851 y una media de 0.9647 (Cuadro 1), por encima de los resultados obtenidos en la primera evaluación (Cuadro 1) por lo que un entrenamiento previo, tiene influencia en la calidad de las evaluaciones. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ortega-Acosta *et al.* (2016) al obtener promedios > 0.80 % de las evaluaciones realizadas con el empleo de escalas diagramáticas. Por lo anterior, esta escala es reproducible y precisa, en concordancia con

lo reportado por Belan *et al.* (2014), donde los errores absolutos obtenidos en la evaluación realizada con la escala se ubicaron en rangos de 0.0-54.96 % (Figura 2), mayores a los rangos de 0.0-37.41 % de la primera evaluación en ausencia de la escala. El margen de error ($1-r^2$) en la segunda etapa varió de 0.0149 hasta 0.857, con una media de 0.053, indicativo que es significativo y aceptable (Hernández y Sandoval, 2015), además se determinó una mejor precisión (β_0) y exactitud (β_1) con ayuda de la escala diagramática propuesta.

La precisión determinada de cada evaluador indica que una escala diagramática representa un método estandarizado de cuantificación de una enfermedad y por esta razón ayuda a obtener resultados favorables (Hernández y Sandoval, 2015), además de niveles adecuados de exactitud y precisión entre los evaluadores (Figura 1). Estos resultados concuerdan con Barbosa *et al.* (2006) al indicar que la evaluación de daños con apoyo de una escala mejora considerablemente la precisión (β_0) como la exactitud (β_1). En este mismo sentido, Fragoso-Benhumea *et al.* (2022) y Ávila-Quezada *et al.* (2001) reportaron que una escala diagramática puede garantizar la reproducibilidad, pero no la exactitud y precisión de la estimación.

En este estudio, la mayoría de los evaluadores presentaron significancia con respecto al valor del intercepto β_0 y el coeficiente de la pendiente β_1 , fueron esta-

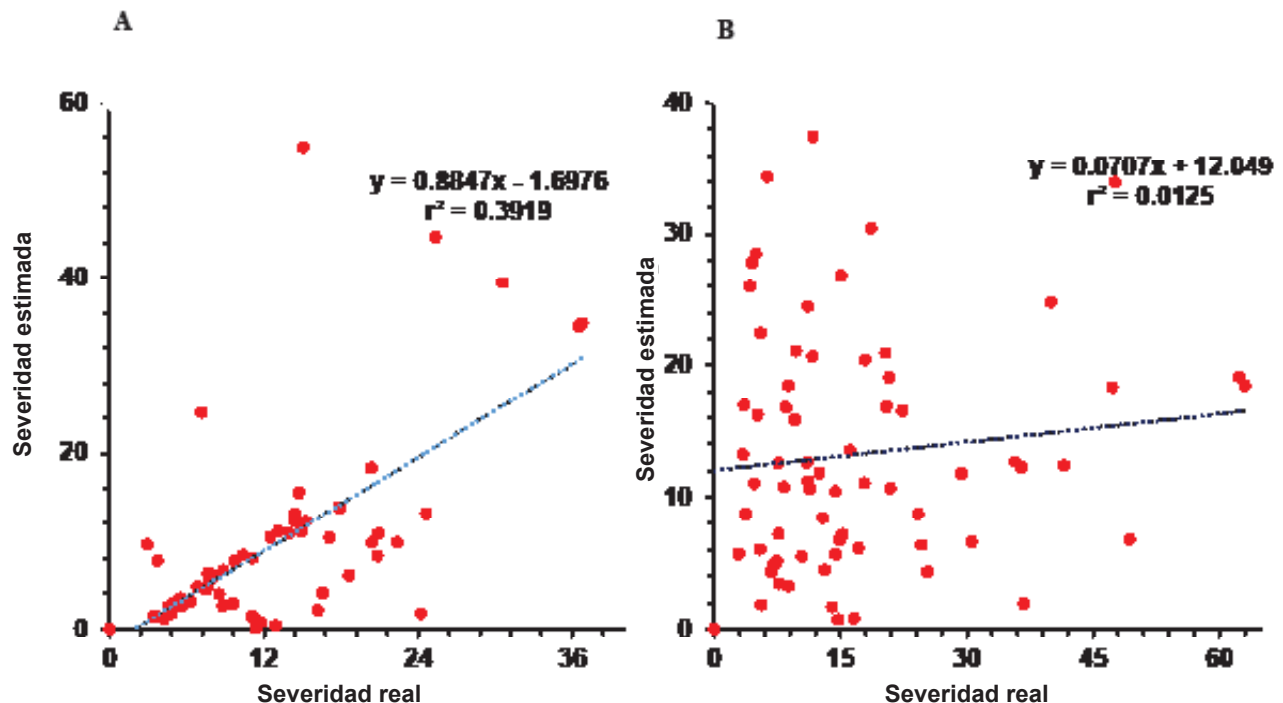


Figura 2. Distribución de residuales (severidad estimada-severidad real) de las evaluaciones de la mancha café (*Ascochyta fabae*) en folíolos de haba. A) Evaluación con escala. B) Evaluación sin escala.

distintamente diferentes y/o cercanos a 1, con un intervalo de confianza de $\alpha = 0.01$ (99 %), coincidiendo con lo reportado por Nascimento *et al.* (2005), al enfatizar que una sobreestimación de los resultados en la mayoría de los evaluadores puede indicar la presencia de desvíos positivos para todos los niveles de severidad, concluyendo que los resultados presentados fueron estadísticamente diferentes de 0 y 1 con respecto a las pruebas aplicadas de T ($\Pr > |t|$) con un intervalo de confianza de $\alpha = 0.01$.

La escala diagramática para evaluar la severidad de la mancha café del haba, creada y compuesta por seis clases, proporcionó alta reproducibilidad con niveles de exactitud ($\beta_1 < 0.001$) y precisión aceptable (β_0 de 0.001 a 0.911), por lo que representa una herramienta para estandarizar la evaluación de daños entre diferentes localidades, evaluar los síntomas iniciales para toma de decisiones y eficacia de medidas de manejo o la respuesta de la sensibilidad de cultivares de haba.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada. A los productores Manuel Mendoza Malavez, Bernabé Guadarrama Mejía, Demetrio Misael Monroy Peñaloza y a la familia Hernández, por las facilidades para obtener el material vegetal utilizado en la investigación y a la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México por brindarme el apoyo académico otorgado y sus instalaciones para llevar a cabo esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Acco LF, Gomes DG, Matos JN, Ribeiro NR e Balbi-Peña MI. 2020. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da pústula bacteriana em soja. *Summa Phytopathologica* 46(2):145–149. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/211476>
- Ahmed S, Abang MM and Maalouf F. 2016. Integrated management of Ascochyta blight (*Didymella fabae*) on faba bean under Mediterranean conditions. *Crop Protection* 81: 65-69. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.12.013>.
- ASSESS 2.0 (Nº de version 2.0). 2008. Windows. Canada: The American Phytopathology Society. <https://doi.org/10.1094/assess-help>
- Ávila-Quezada G, Mora-Aguilera G y Teliz-Ortiz D. 2001. Sistemas de medición de roña y antracnosis en frutos de aguacate *Persea americana*. In *Memorias XXXVI Congreso Nacional de Fitopatología- XXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Querétaro. Pp.: 105. (Fecha de consulta: 06/05/2022). <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000023610>
- Barbosa GMA, Michereff SJ e Mora-Aguilera G. 2006. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem branca do crisântemo. *Summa Phytopathologica* 32(1): 57–62. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052006000100008>
- Belan LL, Pozza EA, Freitas ML de O, De Souza RM, De Jesús JWC and Oliveira JM. 2014. Diagrammatic scale for assessment of bacterial blight in coffee leaves. *Journal of Phytopathology* 162:801-810. <https://doi.org/10.1111/jph.12272>
- Campbell CL and Madden LV. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. Wiley-Interscience. New York, USA. 532p.

- Fragoso-Benhumea JM, Sánchez-Pale JR, Castañeda-Vildózola A, Franco-Mora O, Gutiérrez-Ibáñez AT, Contreras-Rendón A and García-Velasco R. 2022. Diagrammatic scale for rust severity assessment in broad bean (*Vicia faba*). Mexican Journal of Phytopathology 40(3). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2206-2>
- Hernández RL y Sandoval IJS. 2015. Escala diagramática de severidad para el complejo mancha de asfalto del maíz. Revista Mexicana de Fitopatología 33(1): 95–103. https://rmf.smf.org.mx/Vol3312015/NotasFitop/1407_1_2015.pdf
- Horsfall JG and Barrat RW. 1945. An improved grading system for measuring plant diseases. Phytopathology 35:655. <https://plant-breeding-genomics.extension.org/horsfall-barratt-scale-quantitative-evaluation-of-disease/>
- López R. M. 2013. Tecnología de producción del cultivo de haba para el Estado de México. ICAMEX. Toluca, Estado de México. Méx. 76p.
- Massom MV, Passador MM, Porcena SA, De Pieri C, Finkenauer E e Luiz FE. 2013. Scala diagramática para quantificação da severidade de manchas em folhas de *Eucalyptus globulus* Labill. causadas por *Teratosphaeria nubilosa* (Cooke) Crous & U. Braun. Campinas, Ciência Florestal 23(2): 521-528. <https://doi.org/10.5902/198050989296>
- Meirelles SA e Cardoso NC. 2012. Metodologia para elaboração de escalas diagramáticas para avaliação de doenças em plantas. In Comunicado Técnico 120 (Julho). Pp.: 1–6. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65040/1/Comunicado-Tecnico-120.pdf>
- Nascimento ARP, Michereff SJ e Gomes MA. 2005. Elaboração e validação de escala diagramática para cancro bacteriano da videira. Summa Phytopathologica 31 (1): 59–64. http://sitav.pga.uem.br/download/escala-diagramatica-cancro-bacteriano-videira_ana-r-p-nascimento_2005.pdf
- Nutter FW, Esker PD and Netto RAC. 2006. Disease assessment concepts and the advancements made in improving the accuracy and precision of plant disease data. European Journal of Plant Pathology 115: 95–103. https://doi.org/10.1007/1-4020-5020-8_7
- Nutter Jr. FW and Schultz PM. 1995. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer-aided training programs. Canadian Journal of Plant Pathology 17: 174-184. <https://doi.org/10.1080/07060669509500709>
- Olivares BO, Rey JC, Lobo D, Navas-Cortés JA, Gómez JA and Landa BB. 2021. *Fusarium* Wilt of Bananas: A Review of Agro-Environmental Factors in the Venezuelan Production System Affecting Its Development. Agronomy 11(5): 986. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050986>
- Omar SAM. 2021. The Importance of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Diseases in Egypt. In: Awaad, H., Abu-hashim, M., Negm, A. (eds) Mitigating Environmental Stresses for Agricultural Sustainability in Egypt. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64323-2_13
- Ortega-Acosta SA, Velasco-Cruz C, Hernández-Morales J, Ochoa-Martínez DL y Hernández-Ruiz J. 2016. Escalas logarítmicas diagramáticas para evaluar la severidad del manchado de hojas y cálices de Jamaica. Revista Mexicana de Fitopatología 34(3):270-285. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1606-6>
- Prabhu S and Rajeswari D. 2018. Nutritional and Biological properties of *Vicia faba* L.: A perspective review. International Food Research Journal 25(4): 1332–1340. [http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20\(04\)%202018/\(2\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/25%20(04)%202018/(2).pdf)
- Rivera-Zabala N. 2016. Variabilidad genética de *Xanthomonas fragariae* y evaluación de su severidad en genotipos de fresa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3453/1/Rivera_Zabala_N_MC_Fitopatologia_2016.pdf
- SAS Institute. 2002. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Institute. North Carolina, USA. <https://doi.org/10.1201/9781003051299-SIAP> (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SIAP <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consulta, Septiembre 2023).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SIAP <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consulta, Septiembre 2023).