

DIAGRAMAS DE SEVERIDAD PARA CUANTIFICAR DAÑOS PROVOCADOS POR Stenocarpella sp. EN MAIZ (Zea mays L.)¹

Jairo Castaño-Zapata, Ph.D.²
Luis del Río, M.Sc.²

INTRODUCCION

El maíz, arroz y trigo constituyen los cereales más importantes del mundo, aportando más del 50% de las calorías consumidas por la humanidad. El maíz, se cultiva en áreas templadas, subtropicales y tropicales cubriendo más de 100 millones de ha cada año con una producción anual que supera los 250 millones de toneladas métricas (Shurtleff, 1980).

No obstante que el maíz se cultiva principalmente para preparar alimentos para animales, este cereal también es importante como cultivo alimenticio de la humanidad especialmente en Sur América, Centro América, México, Africa y Asia.

Alrededor de 60 enfermedades de origen fungoso se conocen que atacan a la planta del maíz (Shurtleff, 1980). De ellas, el rayado foliar provocado por *Stenocarpella macrospora* (Earle) Sutton y la pudrición de la mazorca provocada por *S. macrospora* y *S. maydis* (Berk.) Sutton, constituyen, especialmente la pudrición de la mazorca, uno de los problemas más limitantes de la producción del maíz en Centroamérica. En Honduras, por ejemplo, las pérdidas promedias anuales provocadas por la pudrición de la mazorca son superiores al 20% (López et al. 1990).

¹ Publicación DPV/EAP #505

² Fitopatólogo y Asistente de Fitopatología. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Apartado Postal 93, Tegucigalpa, Honduras.

La importancia de cualquier patógeno es determinada por la magnitud y frecuencia de la pérdida provocada en el rendimiento. Mucho se conoce acerca de la distribución de los agentes causales del rayado foliar y pudrición de la mazorca del maíz, pero poco se sabe acerca de las pérdidas reales que ellos provocan en las diferentes regiones productoras de maíz de Latinoamérica. Generalmente, la estimación de pérdidas provocadas por *Stenocarpella* sp se hace a través de la comparación del rendimiento de parcelas experimentales que han sido inoculadas artificialmente o infectadas naturalmente con el hongo y parcelas que han sido protegidas con fungicidas. Sin embargo, lo anterior requiere que los investigadores empleen métodos especiales que permitan cuantificar con precisión los daños provocados por el patógeno en diferentes estados de desarrollo de la planta de maíz.

S. macrospora, puede atacar a la planta de maíz en los estados vegetativo, reproductivo y de madurez. *S. maydis* usualmente ataca en el estado de madurez. La severidad del daño resultante depende de las características específicas de cada patógeno, del grado de resistencia del genotipo y de las condiciones ambientales. La interacción de estos tres factores determina el grado de severidad de las enfermedades y la magnitud de la pérdida en el rendimiento. Sin embargo, una buena estimación de pérdidas provocadas por cualquier enfermedad depende de la metodología empleada.

El objetivo principal de la estimación de daños provocados por enfermedades es ayudar a tener un mejor conocimiento de éstas desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. La determinación de métodos útiles que permitan estimar daños provocados por diferentes patógenos conlleva a un mejor entendimiento de las enfermedades que provocan (Castaño-Zapata, 1989; Castaño-Zapata y Zaini, 1989). Bajo ciertas circunstancias la estimación de daños constituye una herramienta útil que permite distinguir diferencias entre tratamientos difíciles de detectar mediante la determinación del rendimiento o calidad. Esto tiene aplicación práctica en estudios diseñados para probar la eficiencia relativa de fungicidas, como también, en ensayos de genotipos para detectar diferencias pequeñas en resistencia contra enfermedades. Nuestro escaso conocimiento acerca de la severidad del daño provocado por enfermedades y pérdidas en el rendimiento es debido a que estudiamos extensamente muchos aspectos de las enfermedades excepto severidad y pérdida.

Principios de Estimación de Daños Provocados por *Stenocarpella* sp.

La evaluación de germoplasma genético por su resistencia a enfermedades requiere de métodos precisos y estandarizados que permitan a los investigadores de diferentes países hablar el mismo lenguaje, para que los resultados sean comparables y se obtenga una cooperación más eficiente entre las instituciones involucradas en el mejoramiento de resistencia genética contra *S. macrospora* y *S. maydis*.

Si queremos entender cualquier enfermedad, debemos conocer severidad. Una sola lesión puede ser suficiente para determinar incidencia, pero no es tan severa o distintiva como varias lesiones que pueden provocar el necrosamiento o muerte del tejido atacado. Acá es donde radica la importancia de estimar severidad.

Es importante que el investigador obtenga una estimación precisa e imparcial de la incidencia y severidad de la enfermedad evaluada anotando el estado de desarrollo de la planta ya que ambos parámetros están frecuentemente asociados con la edad y época en que se inician las epidemias.

Las clases presentadas acá se basan en diagramas estándares expresados en escalas de porcentajes debido a las ventajas que éstas ofrecen. Aunque unos pocos grados de ataque se ilustran en los distintos diagramas: 1-, 5-, 10-, 25-, y 50%, se puede efectuar interpolaciones cuando la estimación así lo requiera. La magnitud de la interpolación debe ser determinada por la habilidad del observador para detectar diferencias en niveles de ataque.

Estados de Desarrollo de la Planta de Maíz

Estos estados consisten en un estudio descriptivo detallado de la morfología y curso de desarrollo de la planta de maíz sana desde siembra hasta madurez fisiológica. En el desarrollo de la planta de maíz se han distinguido 10 estados (Figura 1), los cuales están definidos por eventos fisiológicos importantes (Cuadro 1). Cada estado empieza en un evento del desarrollo de la planta con cuyo nombre se le identifica y termina donde se inicia el siguiente estado y así sucesivamente. La identificación de cada estado se hace en base a un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece el estado particular, es decir, V si el estado pertenece a la fase vegetativa, o R si el estado corresponde a la fase reproductiva. El número 0 a 9, indica la posición del estado en la escala de desarrollo de la planta de maíz (Hanway, 1966).

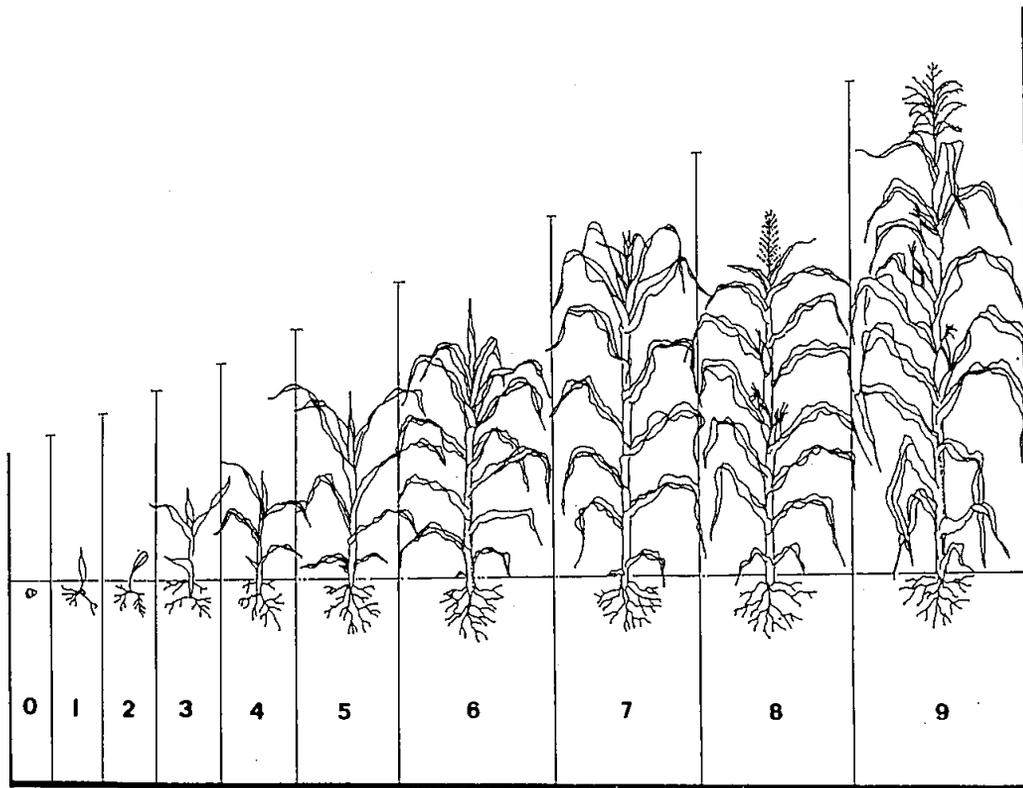


Figura 1. Estado de desarrollo de la planta del maíz (Hanway, 1966)

Cuadro 1. - Estados de desarrollo de la planta de maíz (*Z. mays*).

Estado	Descripción
V ₀	Pre-emergencia. Empieza con la absorción de agua por la semilla, seguida por la elongación de la radícula del grano y aparición del coleóptilo con la plúmula encerrada (planta embriónica), y luego 3 ó 4 raíces seminales laterales.
V ₁	Emergencia. Se obtiene por la elongación rápida del mesocótilo, el cual empuja al coleóptilo hacia la superficie del suelo. En climas calidos este estado demora 4 ó 5 días y en climas fríos puede requerir 14 ó más días.
V ₂	Primera hoja. Se abre la primera hoja.
V ₃	Dos hojas. Se alcanza cuando hay tres hojas, pero dos están totalmente abiertas. Los pelos radicales crecen de las raíces nodales y el crecimiento de raíces cesa virtualmente. Todas las hojas y retoños (mazorcas) que la planta va a tener son iniciados.
V ₄	Cogollo temprano. Se observan de 4 a 6 hojas. El collar de la cuarta hoja es visible, las raíces nodales se desarrollan, hay crecimiento de hojas.
V ₅	Cogollo medio. Aparece la octava hoja. El collar de esta hoja es visible. Las primeras dos hojas bajas pueden estar muertas; hay crecimiento de hojas.
V ₆	Cogollo tardío. El collar de la doceava hoja es visible. Todas las hojas alcanzan un máximo desarrollo pero sólo la mitad de ellas están expuestas a la luz solar. Las primeras cuatro hojas basales pueden estar muertas; hay crecimiento de hojas. Aunque los retoños (mazorcas potenciales) se formaron antes de la formación de la inflorescencia (R ₇), el número de óvulos (granos potenciales) y el tamaño de éstos en cada mazorca son determinados acá. El número de hileras de granos por mazorca han sido establecidos, pero la determinación del número de granos por hilera sólo se completa 7 días después de la aparición

Estado	Descripción
	de los pistilos alrededor de R ₈ .
R ₇	<p>Inflorescencia masculina. Se inicia cuando la última rama de la inflorescencia es visible completamente y los pistilos aún no han emergido o no son visibles. Se inicia aproximadamente 2 a 3 días antes de la emergencia de los pistilos, tiempo en el cual la planta alcanza su máxima altura y el polen empieza a desprenderse. La caída del polen dura entre 7 y 14 días.</p>
R ₈	<p>Floración femenina. Empieza cuando los pistilos son visibles fuera de las brácteas. La polinización ocurre cuando el polen es atrapado por los estigmas. Generalmente se requiere entre 2 a 3 días para que todos los pistilos de una mazorca sean expuestos y polinizados.</p>
R ₉	<p>Madurez. Se inicia 10 a 14 días después de la floración. Los granos son blancos y se asemejan a una ampolla. Gran parte del grano crece fuera de los materiales que lo rodean y está próximo a su máximo tamaño. Los pistilos se tornan de color oscuro y empiezan a secarse. Los granos alcanzan un 85% de humedad, la cual empezará a disminuir gradualmente hasta la cosecha.</p> <p>9.1 Estado lechoso. Se alcanza entre 18 y 22 días después de la floración. Los granos se tornan externamente de color amarillo y el fluido interno de color blanco lechoso. La mayor parte del grano crece fuera de los materiales que lo rodean y los pistilos se tornan café y se secan. Los granos alcanzan un 80% de humedad.</p> <p>9.2 Estado pastoso. Se obtiene entre 24 y 28 días después de la floración. La acumulación continua de almidón en el endospermo causa que el fluido interno del grano se torne de consistencia pastosa. Los granos alcanzan un 70% de humedad y obtienen aproximadamente la mitad de su peso seco final.</p> <p>9.3 Estado de abollado. Se alcanza entre 35 y 42 días después de la floración. Todos o casi todos los granos</p>

Estado	Descripción
	<p>están abollados o abollando y la parte central de la mazorca (zuro) es de color rojo oscuro. Los granos empiezan a secarse del ápice hacia abajo y empieza a formarse una capa blanca y dura de almidón, la cual aparece como una línea a través del grano cuando se mira del lado opuesto al embrión. Al comienzo de este estado, los granos tienen alrededor del 55% de humedad.</p> <p>9.4 Madurez fisiológica. Se alcanza entre 55 y 65 días después de la floración, tiempo en que se alcanza la máxima acumulación de materia seca. La capa dura de almidón ha alcanzado el zurro y se forma una capa de abscisión negra o café. Las brácteas de la mazorca y muchas hojas pierden el color verde aunque el tallo se conserve verde. El promedio de humedad del grano es de 30-35%; sin embargo, el grano sólo está listo para almacenaje seguro cuando alcanza 13-15% de humedad.</p>

Fuente: Ritchie y Hanway, 1982.

Cada estado vegetativo se define de acuerdo a la última hoja cuyo cuello foliar es visible (Ritchie y Hanway, 1982). La primera parte del cuello que es visible es la parte posterior que aparece como una línea decolorada entre la lámina foliar y la vaina de la hoja. La forma característicamente oval de la primera hoja es un punto de referencia para contar hacia arriba el cuello visible de la hoja. Es importante tener presente que empezando aproximadamente en el estado V₅, se empiezan a desprender las dos primeras hojas bajas de la planta. Para determinar el estado vegetativo después de la pérdida de hojas bajas, separe la parte basal del tallo longitudinalmente y observe la elongación del entrenudo. El primer nudo arriba del primer entrenudo elongado del tallo corresponde generalmente al nudo de la quinta hoja. La longitud de este entrenudo es de aproximadamente 1 cm. El nudo de la quinta hoja puede ser empleado como punto de referencia para contar el collar de la hoja superior (Ritchie y Hanway, 1982).

La asignación de grados de severidad se ha hecho cuidadosamente. Cuando el número de clases es muy reducido, la escala no tendrá capacidad discriminativa o capacidad de resolución. Por el contrario, si el número de clases es muy alto, se pierde tiempo decidiendo cual es el mejor grado que concuerda con la nuestra en observación.

Cuando se tiene una presión fuerte de enfermedad, se sugiere la siguiente relación de incidencia/severidad en el índice de valores: expresión favorable (1-3) se limita a una incidencia y/o severidad de 1-5%. Reacciones intermedias (4-6) representan una incidencia y/o severidad de 6-25%. En general, una reacción de susceptibilidad (7-9) representando una relación de incidencia y/o severidad de más de 25%, indica que el potencial genético de ese material es indeseable.

Síntomas del rayado foliar y pudrición de la mazorca

Los síntomas del rayado foliar consisten en lesiones muy pequeñas hasta muy largas llegando a semejarse a las del Tijon foliar norteño provocado por *Helminthosporium turcicum* Pass, pero diferenciándose de éste porque sus lesiones se hallan rodeadas por un halo amarillo y presenta normalmente cuerpos fructíferos (picnidios) de color negro sobre el tejido necrosado. Ocasionalmente, *S. macrospora* puede provocar añublo completo de las hojas, lo cual puede estar asociado con fitotóxicas producidas por el hongo.

Inicialmente las lesiones son de color verde grisáceo, forma elíptica de 3-5 mm de longitud, las cuales pueden llegar a alcanzar entre 15-25 cm de largo por 0.5-1.5 cm de ancho. El hongo puede iniciar el ataque en los estados vegetativos (V3-V6), siendo más acentuado en el estado de madurez (R9), toda la mazorca se torna de color grisáceo, son muy livianas y se pudren. Las mazorcas livianas por lo general permanecen en posición vertical con las brácteas internas adheridas entre si o a la mazorca debido al crecimiento micelial que se desarrolla entre ellas. Picnidios de color negro se pueden observar sobre las brácteas y granos. Entre éstos también es común observar crecimiento micelial. Mazorcas infectadas tardíamente no expresan síntomas externos, pero cuando las mazorcas se quiebran y los granos se remueven, es común observar micelio blanco creciendo entre ellos, cuyos ápices son decolorados. La infección empieza generalmente en la base de la mazorca avanzando hacia arriba. Algunas veces se induce germinación prematura de los granos.

Escala de Enfermedad

La escala de cualquier enfermedad consiste en una descripción numérica y verbal de las clases o categorías que se distinguen. Para ambas enfermedades se ha descrito una escala general de cinco dígitos, en donde, 1 = síntomas muy leves en hojas o mazorcas, afectando 1% del área foliar o mazorca; 3 = síntomas cubriendo 10% del área foliar o mazorca; 7 = síntoma cubriendo 25% del área foliar o mazorca y; 9 = síntomas cubriendo 50% del área foliar o mazorca.

Diagramas Estándares

El diagrama estándar consiste en una serie de ilustraciones que representan diversos grados de severidad de una enfermedad. En este trabajo se ha desarrollado una serie de escalas descriptivas y diagramas estándares de las enfermedades del Rayado foliar (Figura 2) y pudrición de la mazorca (Figura 3) del maíz. Estos diagramas están basados en severidad, es decir, área afectada por los patógenos, facilitándose la cuantificación del daño provocado por estos patógenos.

Los diagramas estándares del Rayado foliar también se pueden emplear para estimar severidad del Tijón foliar norteño provocado por *Helminthosporium turcicum*. Asimismo, los diagramas estándares de la pudrición de la mazorca se pueden usar para evaluar severidades de otras pudriciones de la mazorca.

Ya que ningún diagrama estandar puede incluir la distribución de todas las lesiones que conforman una severidad dada, lo que el investigador tiene que hacer es visualizar qué área cubrirían todas las lesiones si el pudiera agruparlas y estimar esta área como un porcentaje del área total del tejido bajo observación.

Cada vez que se estima el daño provocado por enfermedades, se debe anotar el estado de desarrollo de la planta y la localización del daño. Cuando se evalúa una muestra, ésta se debe distribuir dentro de las categorías definidas por el diagrama estándar. El índice de enfermedad se obtiene multiplicando el número de unidades de cada categoría por el porcentaje promedio de cada categoría, se suman estos productos y se divide por el número total de unidades muestreadas.

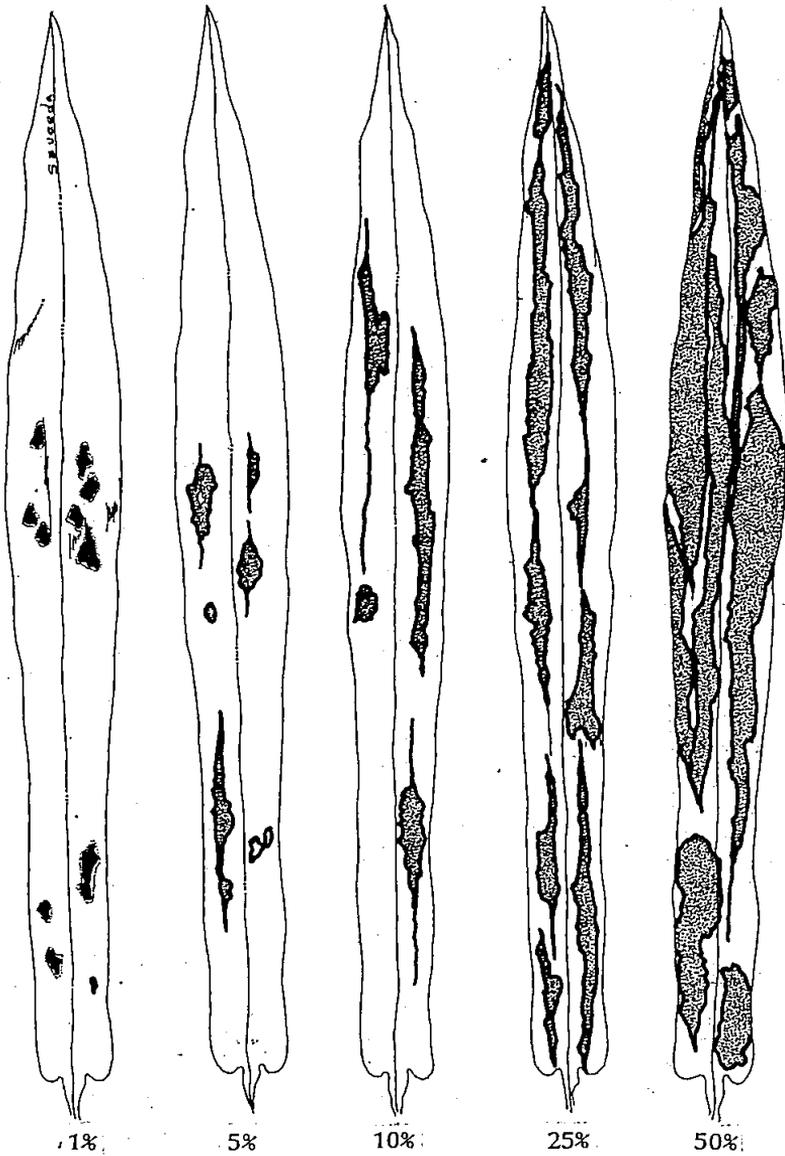


Figura 2. Diagramas de severidad del rayado del maíz provocado por *Stenocarpella macrospora*

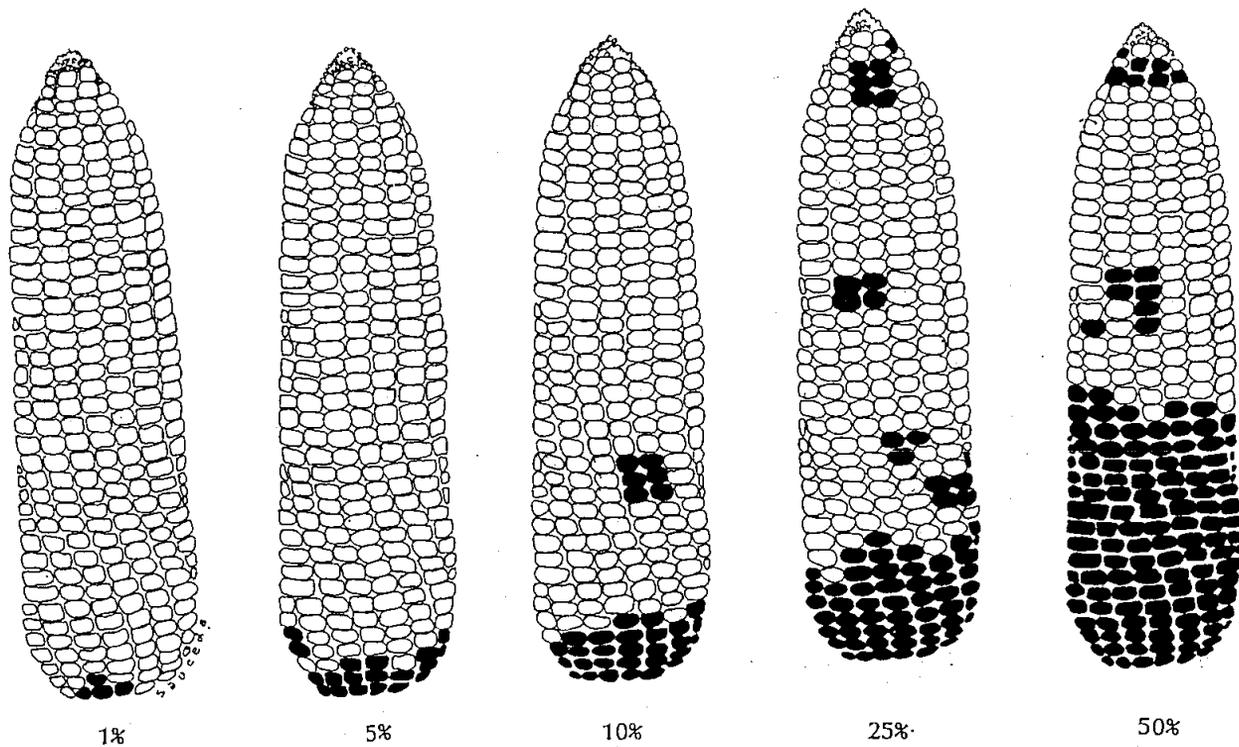


Figura 3. Diagrama de la severidad de la pudrición de la mazorca del maíz provocada por *stenocarpella* sp.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su gratitud a Henry Nahúm Saucedo del Centro de Recursos Didácticos del Departamento de Protección Vegetal, por su contribución en la elaboración de las figuras contenidas en este documento.

LITERATURA CITADA

- Castaño-Zapata, J. 1989. Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Fitopatología Colombiana. Vol. 13 (1):9-19.
- Castaño-Zapata, J. and Z. Zaini, 1989. Disease damage index keys to quantify damages caused by the major diseases of upland rice (*Oryza sativa* L.). Sukarami Research Institute for Food Crops, SARIF. West Sumatra, Indonesia. 21pp.
- López, J., R. Padilla, E. Salvatierra, R. Ocampo, A. Colinares, L. Pineda, M. Bustamante y D. Monterroso. 1987. Estimación de pérdidas provocadas por la pudrición de la mazorca de maíz en Taulabé, Comayagua. CEIBA. Vol. 31 (1): 4-14.
- Hanway, J. 1966. Growth stages of corn In: C. W. James. A Manual of Assessment Keys for Plant Diseases. Canada Department of Agriculture. Publication No. 1458, 1971.
- Ritchie, S.W. and J. Hanway. 1982. How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. pp. 21.
- Shurtleff, M.C. (ed.) 1980. Compendium of corn diseases. Second Edition. The American phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp. 105.

Nueva Publicación

Guía para el Diagnóstico y Control de Enfermedades en Cultivos de Importancia Económica.

Autores: Jairo Castaño-Zapata y Luis del Río. 1994.

3^{ra} Edición. 289 pp, 8 x 11 pulgadas, ISBN 1-885995-16-4

Esta guía de campo y laboratorio describe 100 enfermedades de importancia económica en 31 cultivos, que abarcan granos básicos, hortalizas, frutales y plantas ornamentales, ampliamente cultivados en América Latina. Para facilidad del usuario, la Guía inicia con una descripción detallada de la taxonomía de hongos, bacterias, virus y nematodos fitoparásitos comunes en áreas tropicales. Los síntomas de cada enfermedad se ilustran con fotografías a color para permitir un diagnóstico correcto de las enfermedades. La descripción de los patógenos se hace detalladamente y se complementan con dibujos macro y microscópicos del (los) agente (s) causal (es). Se hace énfasis en la descripción de los factores que afectan el desarrollo de cada enfermedad y se da una serie de recomendaciones para el manejo apropiado de cada problema. La Guía termina con un índice de patógenos que le permite al usuario ubicar con facilidad cada agente causal. Este documento es una valiosa fuente de consulta para el reconocimiento y manejo de los problemas fitopatológicos más importantes que atacan a los principales cultivos agrícolas de Latinoamérica.

Si está interesado en una copia de esta publicación favor contactarse a la siguiente dirección

*Librería
Escuela Agrícola Panamericana
Apartado Postal No. 93
Tegucigalpa, Honduras, C.A.
Teléfono: (504) 76-6140/50
Fax: (504) 76-6240*