



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POTSGRADO EN FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

**FUENTES DE RESISTENCIA A *Corynespora cassicola* (Berk
& M.A. Curtis) C.T. Wei EN ACCESIONES DE JAMAICA
(*Hibiscus sabdariffa* L.) EN MÉXICO**

ITZEL GUADALUPE RENDÓN ESPÍRITU

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Itzel Guadalupe Rendón Espíritu, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Javier Hernández Morales, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

FUENTES DE RESISTENCIA A *Corynespora cassicola* (Berk & M.A. Curtis)
C.T. Wei EN ACCESIONES DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) EN MÉXICO

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 26 de julio de 2018

Firma del
Alumno (a)

Dr. Javier Hernández Morales
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada **FUENTES DE RESISTENCIA A *Corynespora cassicola* (Berk & M.A. Curtis) C.T. Wei en ACCESIONES DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) EN MÉXICO** realizada por la alumna: **ITZEL GUADALUPE RENDÓN ESPÍRITU** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



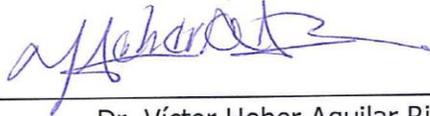
Dr. Javier Hernández Morales

ASESOR



Dr. Carlos De León García de Alba

ASESOR



Dr. Víctor Heber Aguilar Rincón

ASESORA



Dra. Rocío Toledo Aguilar

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2018

FUENTES DE RESISTENCIA A *Corynespora cassiicola* (Berk & M.A. Curtis) C.T.

Wei en ACCESIONES DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) EN MÉXICO

Itzel Guadalupe Rendón Espíritu, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

En la Costa Chica de Guerrero, las pérdidas económicas en la producción de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) ocasionadas por el patógeno *Corynespora cassiicola* (Berk & Curt) Wei, agente causal de la enfermedad “manchado de cálices” llegan a ser del 100%. El objetivo de esta investigación fue evaluar la resistencia ocasionada por *C. cassiicola* a 82 accesiones de jamaica sembradas en 5 comunidades de los municipios de Ayutla y Tecoaapa del estado de Guerrero, región con mayores afectaciones por la enfermedad. El origen de las 82 accesiones (tratamientos) de los estados de Guerrero, Puebla y Nayarit. El experimento fue establecido en julio de 2016 bajo un diseño en bloques completos al azar. En cada comunidad se estableció un bloque con 82 tratamientos y 10 submuestras por tratamiento. Se realizaron cinco evaluaciones de la severidad, cada una con un intervalo de 7 días, usando una escala arbitraria de evaluación con valores del 1 al 5; donde 1 representa <20% y 5 >70%. Finalmente se obtuvo la severidad como el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de cada colecta por bloque experimental, y se realizó el análisis de varianza. La comparación de las media de severidad por cada nivel de tratamiento se hizo considerando el ajuste de Tukey-Kramer ($\alpha= 0.05$). Las accesiones con menor grado de enfermedad fueron: PUE-3Y, PUE-2M, HIB-20, todas ellas de cálices morados, en tanto que las accesiones: TEC-08, HIB-40, NAY-15, HIB-74, NAY-08, COL-07, TEC-01, NAY-

02, HIB-15, COL-30, NAY-05, COL-03, COL-01, HIB-02, HIB-46 con cálices blancos y rojos, también conocidas como “criollos”, fueron las más susceptibles.

Palabras clave. *Corynespora cassicola*, resistencia, susceptibilidad, severidad.

SOURCES OF RESISTANCE TO *Corynespora cassiicola* (Berk and M.A. Curtis) C.T. Wei IN ACCESSIONS OF JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa* L.) IN MEXICO

Itzel Guadalupe Rendón Espíritu, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

In the Costa Chica region of Guerrero, the reduction in the production of jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) caused by the pathogen *Corynespora cassiicola* (Berk & Curt) Wei, the causal agent of the "calices stained" disease, has become of 100%. The objective of this research was to evaluate the resistance of 82 accessions of jamaica to the *C. Cassiicola* pathogen established in 5 communities in the municipalities of Ayutla and Tecoaapa in the state of Guerrero, a region largely affected by the disease. The 82 accessions (treatments) are collections from the states of Guerrero, Puebla and Nayarit. The experiment was established in July 2016 under a randomized complete block design, where communities are the blocks, and the 82 collections are the levels of the treatment factor; 10 subsamples per treatment were measured. The progression of the disease was evaluated at different dates seven days apart each, using a scale with 5 categories, where category 1 represents <20% and category 5> 70%. Finally, the severity is calculated as the area under the disease progression curve for each subsample of the treatment level. The analysis of variance of the severity was performed, and the mean separation was carried out using the Tukey-Kramer adjustment ($\alpha = 0.05$). The collections with lower values of severity are: PUE-3Y, PUE-

2M, HIB-20, all of them are of purple calices; and the accessions: TEC-08, HIB-40, NAY-15, HIB-74 , NAY -08, COL-07, TEC-01, NAY-02, HIB-15, COL-30, NAY-05, COL-03, COL-01, HIB-02, HIB-46 having white and red calices, were the most susceptible.

Key words. *Corynespora cassiicola*, resistance, susceptibility, severity

DEDICATORIA

A mi familia: Emma, Miguel, Baltazar, Iliana, Miguel Jr., Lalito y Emmita.

Gracias por apoyarme, guiarme y estar presentes en todo momento.

Lo único que puedo tener para ustedes es amor y gratitud

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Colegio de Postgraduados por proporcionarme los medios para poder realizar desarrollarme académica y profesionalmente.

Al Dr. Javier Hernández Morales mi agradecimiento por su asesoría, amistad y por el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de mi desarrollo profesional.

Al Dr. Víctor Heber Aguilar Rincón con todo mi respeto y agradecimiento por su apoyo incondicional, disponibilidad y sugerencias a lo largo de esta investigación

Al Dr. Carlos De León, Dra. Rocío Toledo Aguilar por ser parte de mi consejo particular, el apoyo brindado y las sugerencias realizadas.

Al Dr. Ciro Velasco Cruz, Dr. Daniel L. Ochoa Martínez, Dr. Santo Ángel Ortega Acosta por sus acertadas sugerencias y aportes a esta investigación.

Al Ing. Ignacio Mendoza, Ing. Francisco Santana, Lic. Yamileth, B. Gustavo Gatica Espíritu y productores que colaboraron en la fase de campo de esta investigación.

A mis amigos y compañeros del Colegio de Postgraduados: Edith, Marco, Julieta, Mary Carmen, Cristian, Paloma, Eridani, Federico, Alicia, Eugenia, Cande y Terrones que con su compañía, apoyo y buen humor hicieron de mi estancia una agradable experiencia.

A mis amigos: Sergio, Lyz, Leyver, Berenice, Dulce y Juan Manuel, por su apoyo incondicional, por los regaños y sobre todo por los buenos momentos que he compartido con ustedes; de alguna manera ustedes colaboraron en la realización de esta tesis.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
1. REVISIÓN DE LITERATURA	1
1.1 Origen y morfología de la jamaica.....	1
1.2 Usos de la jamaica	1
1.3 Importancia social y económica del cultivo	2
1.4 Requerimientos agronómicos del cultivo	2
1.5 Genética de la jamaica.....	3
1.6 Principales plagas y enfermedades de la jamaica.....	3
1.7 Características de <i>Corynespora cassiicola</i>	5
1.8. Control de la enfermedad	6
1.8.1 Control químico y alternativo	6
1.8.2 Control cultural	7
1.9 Manejo genético.....	7
1.10 Tipos de resistencia	8
1.10.1 Resistencia horizontal	8
1.10.2 Resistencia vertical	8
1.11 Resistencia genética a <i>Corynespora cassiicola</i>	9
1.12 Severidad.....	9
1.13 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad	9
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2 OBJETIVOS.....	10
3.1 Objetivo general	10
3 HIPÓTESIS.....	11
4 INTRODUCCIÓN	11
5 MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.9 Labores culturales y control de plagas y enfermedades en los sitios experimentales	13
5.10 Germoplasma	13
5.11 Variables	14
5.12 Modelo estadístico.....	14
5.13 Análisis estadístico	15
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
7 CONCLUSIONES	23

8 LITERATURA CITADA 23

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Sitios experimentales identificados con mayor densidad de inóculo de *C. cassiicola* en el que se establecieron los bloques experimentales en Guerrero, México.....**15**

Cuadro 2. Intervalo de temperatura y humedad relativa promedio durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016 en cinco localidades de los municipios de Ayutla y Tecoaapa, Guerrero.....**16**

Cuadro 3. Resultados de comparación de Medias del ABCPE de la severidad de *C. cassiicola* de las accesiones estudiadas, del estado de Guerrero.....**19**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Enfermedades en el cultivo de jamaica. **A) y B)**; Amarillamiento ocasionado por *Okra yellow mosaic virus* (Begomovirus); **C)** Cenicilla ocasionada por *Oidium* sp; **D y E)** Pata prieta (*Phytophthora parasitica*).....**5**
- Figura 2.** Síntomas ocasionados por *C. cassiicola*; **A)** Necrosamiento en el cáliz; **B)** Manchas foliares con halo purpura.....**6**
- Figura 3.** Comportamiento de accesiones de jamaica (*H. sabdariffa* L.) en presencia del patógeno *C. cassiicola*, durante las 5 evaluaciones.....**18**
- Figura 4.** **A)** HIB-20, accesión considerada estadísticamente como resistente; **B)** TEC-08, cáliz rojo, accesión susceptible; **C)** TEC-01 (variedad Alma Blanca), cáliz color blanco, accesión susceptible.....**21**

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Origen y morfología de la jamaica

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta anual de la familia Malvaceae que se desarrolla en regiones de clima tropical y subtropical. Es cultivada en la India, Tailandia e Indonesia, en casi todo África y en algunas regiones de América y Australia, para el aprovechamiento de su fibra y cálices (Cobley, 1957). Se menciona que fue domesticada por poblaciones negras en el oeste de Sudán (Murdok, 1959). La jamaica (*H. sabdariffa* L.) es una planta herbácea anual, erecta, abundante follaje que puede crecer hasta 2m de altura, con tallos cilíndricos rojizos. Sus hojas son alternas lobuladas de 3-5 pulgadas verdes y nervaduras rojas. Las flores son color amarillas a rojizas; el cáliz consta de 5 sepalos grandes con epicáliz de 8-12 brácteas delgadas y usualmente puntiagudas Su fruto es una cápsula de 5 lóbulos cada uno contiene de 3-5 semillas (Morton, 1987; Ross, 2003, Da Costa *et al.*, 2014).

1.2 Usos de la jamaica

El principal producto a obtener son los cálices y se utilizan para preparar: aguas frescas, té, mermeladas, licores, salsas, jaleas (Mgya-Kilima *et al.*, 2015). Otro de los principales usos es mediante infusiones que según investigaciones ayuda a reducir la hipertensión arterial y tratar infecciones urinarias, además que posee propiedades antimicrobianas (Mckay *et al.*, 2010; Morales-Cabrera *et al.*, 2013).

1.3 Importancia social y económica del cultivo

México es considerado el quinto productor de jamaica a nivel mundial (FAO, 2004), siendo el estado de Guerrero el mayor productor a nivel nacional con 18 000 ha sembradas (SIAP, 2017); de estos el 89% de la producción nacional se encuentra en los municipios de Ayutla de los Libres y Tecoaapa, Guerrero; los productores siembran la variedad denominada “criolla” como cultivo asociado: maíz-jamaica, ajonjolí-jamaica, mango-jamaica, etc. (Fundación PRODUCE; COFRUPO, 2016). Se obtienen sus cálices que posteriormente se lleva a cabo el proceso de deshidratación y estos se utilizan para elaborar la bebida comúnmente conocida como “aguas frescas” (Ariza-Flores *et al.*, 2014); también se usa para la elaboración de mermeladas, conservas, platillos gourmet, licores, etc.

1.4 Requerimientos agronómicos del cultivo

La jamaica es fácil de cultivar en suelos bien drenados y puede tolerar suelos pobres. La etapa fenológica oscila de 4-8 meses con temperaturas nocturnas no menor a 20°, 13 h de luz solar y precipitaciones mensuales de 5-1000 mm durante los primeros meses (EcoCrop., 2007; Plotto, 2004).

La siembra de secano se realiza durante el inicio de la estación lluviosa, puede efectuarse de manera directa en áreas extensas o en almácigos para superficies pequeñas de 600m² como mínimo. Generalmente se realiza en los meses de julio-agosto, dependiendo el inicio de la temporada de lluvias en la región, por ser sembrado generalmente junto al cultivo del maíz (Comunicación personal Gerardo Flores García).

En siembra directa al campo se recomienda aplicar 1 kg/ha. La distancia ideal es de 1 m entre planta, considerando el número de ramas de cada planta y distancia entre surco de 1 m. Debe considerarse la poda a los 35 días después de que emergió la plantula y cuando esta tenga una altura promedio de 50 cm. La poda (capar) se realiza cortando la parte apical (punta) de los tallos principales de la planta lo que facilitará una mayor ramificación y uniformidad en su desarrollo y producción (Comunicación personal Ing. Ignacio Mendoza Castro).

1.5 Genética de la jamaica

Hibiscus cannabinus se reportó como especie diploide ($2n=36$) (Bhatt y Dasgupta, 1976). Más tarde, se informó que *Hibiscus sabdariffa* es una especie tetraploide ($2n = 72$) (Hiron, Alam, Ahmed, Begum y Alam, 2006).

1.6 Principales plagas y enfermedades de la jamaica

Entre las principales plagas de este cultivo se mencionan hormiga arriera (*Atta* sp.), es una hormiga color café rojizo de 0.5 a 1.0 cm de largo; de hábitos nocturno, la cual deshoja las plántulas, causando la defoliación total de la planta, reduce los rendimientos al retrasar el desarrollo normal de las plantas. Otros insectos de menos importancia son “tortuguillas” (*Diabrotica* sp.), pulgón (*Aphis gossypii*), etc. (Hernández y Romero, 1990).

Las enfermedades de raíz y tallos son de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo de la jamaica, entre las que se encuentran aquellas ocasionadas por: *Rhizoctonia solani*, *Pythium preniciosum*, *Fusarium* sp., *Sclerotium rolfsii* y *Phytophthora parasítica*;

todas ocasionan pudriciones en la base del tallo y raíz (Duke y Atchey, 1984; Augstburger *et al.*, 2000; Escalante, 2001; Amusa, 2005; Hassan *et al.*, 2014; Ortega-Acosta *et al.*, 2015).

Una de las enfermedades de mayor importancia de este cultivo es *Phytophthora parasítica* “pudrición basal negra”, conocida en México como “pata prieta”, se caracteriza por una pudrición a la altura del cuello y parte subterránea del tallo, que invade frecuentemente las raíces. La infección avanza hacia la parte superior y produce en ocasiones agrietamientos de la corteza. En el follaje se observa al principio una clorosis que invade todas las hojas y ocasiona la marchitez, caída prematura de hoja, y en daños severos muerte de la planta. La enfermedad se presenta desde que la planta alcanza una altura de 20 cm hasta que está en producción (Hernández y Romero, 1990; Hassan *et al.*, 2014).

También son de importancia económica las enfermedades foliares causadas por los hongos *Oidium abelmoschii*, *Cercospora hibisci*, *Coniella musaiensis* var. *hibisci*, *Microsphaera euphorbiae*, *Phoma sabdariffa*, *Phoma exigua*, *Fusarium nygamai*, *Fusarium camptoceras* y *Rhizoctonia solani* (Horst, 2008; Eslaminejad y Zacaria, 2011.).

En los últimos años, en el estado de Guerrero se identificaron virus del género Begomovirus que afectan el follaje del cultivo causando amarillamiento en hojas entre ellos el *Okra yellow mosaic Mexico virus* (OYMMV) (Velázquez-Fernández, *et al.*, 2016)

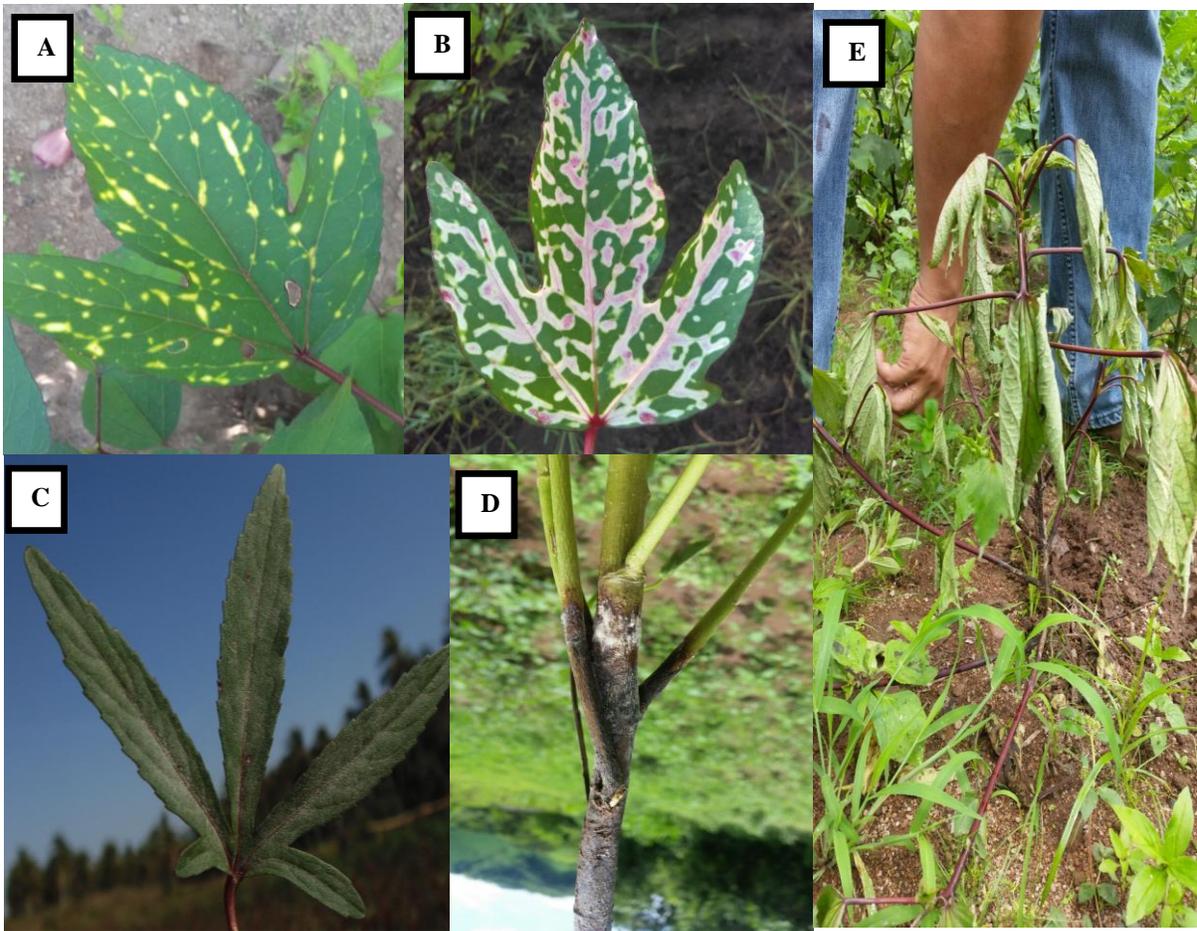


Figura 1. Enfermedades en el cultivo de jamaica. **A) y B)**; Amarillamiento ocasionado por *Okra yellow mosaic virus* (Begomovirus); **C)** Cenicilla ocasionada por *Oidium* sp; **D y E)** Pata prieta (*Phytophthora parasitica*).

1.7 Características de *Corynespora cassiicola*

El hongo *Corynespora cassiicola* se encuentra principalmente en los trópicos y subtropicos (Dixon *et al.*, 2009). La sintomatología en el cultivo de jamaica en hojas inicia con manchas circulares de forma irregular en las hojas con centro color paja, bordes negros, y los anillos de color púrpura; las manchas en las hojas se unen en grandes áreas necróticas

con el tiempo. En los cálices se presentan manchas necróticas circulares irregulares hundidas. (Ortega-Acosta *et al.*, 2015)

Sus características morfológicas son las siguientes: los conidióforos son rectos y ligeramente curvados, no ramificados, de color olivo a marrón. Los conidios mide 34.7 a 218.4 μm de longitud y 7.4 a 17.6 μm de ancho, son ovoides a cilíndricos, rectos o ligeramente curvados y subhialinos, con dos a 13 pseudoseptos (Ortega-Acosta *et al.*, 2015).

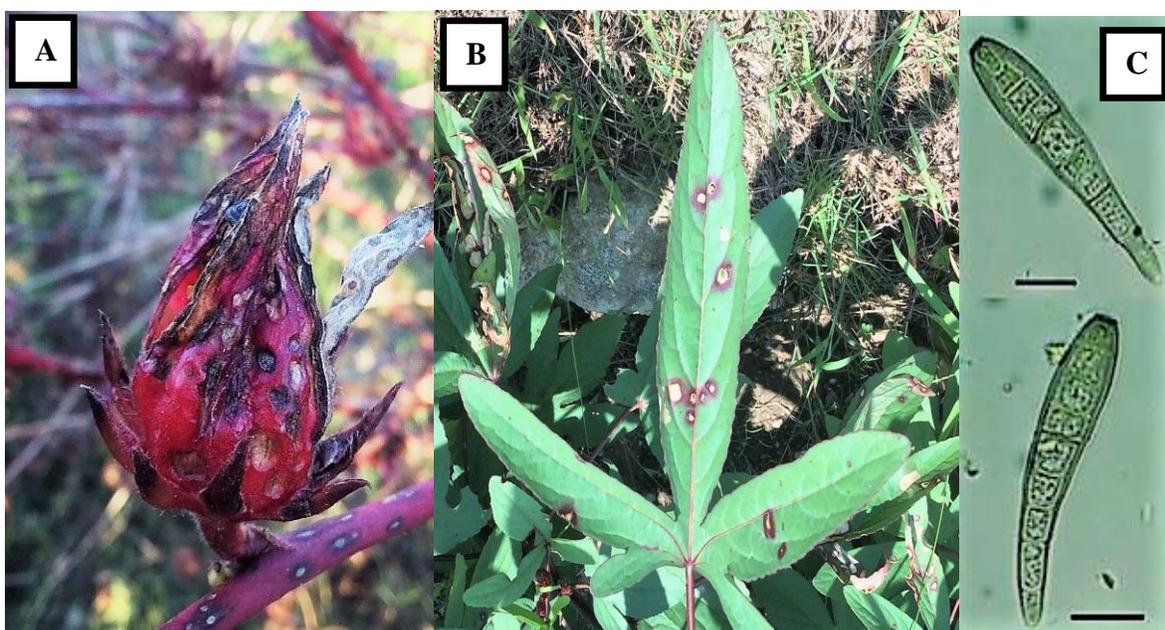


Figura 2. Síntomas ocasionados por *C. cassicola*; **A)** Necrosamiento en el cáliz; **B)**

Manchas foliares con halo purpura; **C)** Conidios de *C. cassicola*

1.8. Control de la enfermedad

1.8.1 Control químico y alternativo

La infección y diseminación de este patógeno en áreas de manejo deficientes o de condiciones climáticas favorables, evolucionan rápidamente de modo que compromete la producción los cultivos hospedantes. Carvalho-Ribeiro *et al.*, (2017) mencionan como

método de control químico en el cultivo de soya el uso de fungicidas que pertenecen al grupo químico de los benzimidazoles (i.a Prothioconazol), estrobilurinas (i.a Pyraclostrobin, Azoxistrobin) y carboximidazas (i.a Benzovindiflupir).

Ortega-Acosta *et al.*, (2016) evaluaron en el cultivo de la jamaica a los fungicidas alternativos: extracto de *Melaleuca alternifolia*, Bicarbonato de potasio, Dióxido de hidrogeno, y encontraron que los dos últimos reducen en cierta medida el daño de este patógeno. Asimismo, evaluaron fungicidas químicos pertenecientes al grupo químico de los ditiocarbamatos (i.a Mancozeb).

1.8.2 Control cultural

Hernández-Morales *et al.*, (2018) mencionan como hospedantes silvestres o reservorios de *Corynespora cassiicola* a malezas y arvenses, en ausencia del cultivo, en la región de la Costa Chica de Guerrero. y recomiendan el deshierbe manual o la aplicación de algún herbicida selectivo.

1.9 Manejo genético

La resistencia a enfermedades ha desempeñado de manera conjunta un importante papel selectivo en la evolución del huésped y el patógeno. El método más práctico y amigable para el ambiente es la obtención de variedades; de aquí que el mejorador se ha dado a la tarea de obtener fuentes de resistencia (Cornide *et al.*, 1993). La disponibilidad de fuentes de resistencia adecuadas es una base, y en la actualidad las especies silvestres son una opción importante, por ejemplo: de 47 genes que tiene la roya de la hoja del trigo

(*Puccinia recóndita* Rob ex Desm) 22 de estos genes se originan de otra fuente de *Triticum aestivum* (Mcintosh *et al.*, 1995; Polák and Bastos, 2002).

1.10 Tipos de resistencia

1.10.1 Resistencia horizontal

La resistencia horizontal tiene varios sinónimos usados tanto por fitopatólogos como por fitomejoradores. Entre ellos están la resistencia general, no específica, cuantitativa, poligénica, entre otros; pero el término universal es resistencia horizontal. En las plantas con resistencia horizontal existen un grupo de genes que rigen esta característica, por lo cual se considera poligénica o multigénica, o de genes mayores. Las plantas con resistencia horizontal pueden presentar lesiones pequeñas (aparición de síntomas más lento), poco inóculo o ciclos más largos (Pilet-Nayel *et al.*, 2017).

1.10.2 Resistencia vertical

La resistencia vertical también tiene varias denominaciones equivalentes como: resistencia específica, cualitativa, monogénica, oligogénica o diferencial. Este tipo de resistencia se considera que es controlada por unos cuantos genes. Debido al número de genes participantes, su acción es muy específica y determina una clara incompatibilidad entre el hospedante y el patógeno. Esto hace que la duración de la reacción incompatible sea limitada, por cuanto se genera una presión de selección hacia genes de virulencia en el patógeno que necesita sobrevivir (Rivera-Coto, 2007).

1.11 Resistencia genética a *Corynespora cassiicola*

Existen investigaciones en soya sobre la reacción de *C. cassiicola* a cultivares de soya (Vida *et al.*, 2004; Terramoto, *et al.*, 2013) en el que mencionan que patógenos de la parte aérea pueden volverse más agresivos, por alta humedad relativa y altas temperaturas.

1.12 Severidad

Es la cantidad de individuos o partes contables de un individuo, afectados por una determinada enfermedad respecto al total analizado expresada en %. Es una estimación visual en la cual se establecen grados de infección en una determinada planta, sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo. Se requiere para varios propósitos en la patología de la planta; la mayoría de las veces, las estimaciones se hacen visualmente. Aunque, se utilizan las escalas diagramáticas de la severidad (Bock *et al.*, 2015).

1.13 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad

El área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) es la técnica de análisis más recomendada, cuando se requiere identificar las relaciones del progreso de la enfermedad y el período de duración del área foliar, respecto al impacto sobre el rendimiento (Waggoner, 1986).

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ciclo agrícola 2013 en la región Costa Chica del Estado de Guerrero hubo pérdidas de hasta el 100% en la producción de cálices de jamaica esto fue ocasionado por una enfermedad que se presentó en el cultivo de jamaica conocida como “Manchado de cálices” inducido por el hongo *Corynespora cassiicola* (Berk & M.A. Curtis) C.T.Wei. Las consecuencias fueron: disminución de siembra del cultivo en ciclos agrícolas posteriores, falta de conocimiento sobre el control de esta enfermedad y pérdidas económicas de pequeños productores.

Se han llevado a cabo investigaciones para conocer la etiología, control químico y biológico y epidemiología de esta enfermedad; sin embargo, no se tienen materiales de jamaica resistentes a este patógeno y se sabe que el uso de variedades resistentes a enfermedades es la táctica de manejo más utilizada y amigable ambientalmente en otros cultivos de igual o mayor importancia económica aplicada por productores. Por lo anterior, se planteó la siguiente investigación.

2 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Identificar la resistencia a *C. cassiicola* en 82 accesiones de jamaica provenientes de Guerrero, Puebla y Nayarit que pudieran ser utilizadas *per se*, o como progenitores en un programa de mejoramiento genético para la resistencia a la enfermedad.

3 HIPÓTESIS

Existen accesiones resistentes a la enfermedad conocida como “Manchado de cálices” en el cultivo de jamaica ocasionado por el hongo *Corynespora cassiicola* (Berk & M.A. Curtis) C. T. Wei

4 INTRODUCCIÓN

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), también conocida como roselle, red sorrell, hibiscus (Ross, 2003; Ali *et al.*, 2005), es una planta cuyos cálices deshidratados se utilizan para preparar “aguas frescas” principalmente. La jamaica se cultiva ampliamente en regiones tropicales y subtropicales (Morton, 1987; USDA, 2007), siendo Sudan, Egipto, Tailandia, China y México los principales productores (FAO, 2004).

Según la FAO (2004), México es el quinto país a nivel mundial en producción de cálices deshidratados, en donde los estados de Guerrero y Oaxaca participan con 91% de la superficie cosechada y donde se producen 85% del total nacional (SIAP, 2017). La región Costa Chica del estado de Guerrero es considerada la mayor zona productora del país.

Actualmente, existe una disminución considerable de la producción de este cultivo, debido a diversos factores dentro de los que destacan los problemas fitosanitarios (Ruiz-Ramírez *et al.*, 2015), como “la pata prieta” que es ocasionada por el oomiceto *Phytophthora parasítica*, la cual era hasta hace 15 años la principal enfermedad en el cultivo de jamaica, ésta induce una pudrición en el cuello de la planta. Esta enfermedad fue reportado por primera vez en este cultivo en Guerrero por Hernández y Romero (1990);

también, hay reportes de especies de hongos que inducen síntomas similares en el cultivo, como son: *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii*, *Phymatotrichopsis omnivora*, *Fusarium oxysporum*, *F. semitectum*, *F. solani* y *F. equiseti* (Ooi y Salleh, 1999; Amusa *et al.*, 2005; Ploetz *et al.*, 2007; Horst, 2008; Hassan *et al.*, 2014).

En el año 2013, se presentó una enfermedad en follaje cuyos síntomas son manchas blanquecinas o grisáceas rodeadas por un halo violáceo que al paso del tiempo aumentan en número y tamaño, y en ocasiones cubren completamente la lámina foliar; en cálices, el daño inicia con pequeños puntos negros que se van expandiendo hasta quedar completamente necrosados. Se identificó al agente causal de esta enfermedad como el hongo *Corynespora cassiicola* (Berk. & M.A. Curtis) descrito por Ortega-Acosta *et al.*, (2015); este patógeno ocasionó pérdidas de hasta 100 % en la producción y provocó significativamente la disminución de la superficie de siembra en ciclos agrícolas posteriores.

Por otro lado, dada la importancia económica y cultural que representa este cultivo en el estado de Guerrero, se aplican fungicidas altamente tóxicos para el control de la enfermedad, lo que incrementa los costos de producción y provoca un daño al ambiente; por ello, se deben considerar y estudiar alternativas más económicas y amigables con el ambiente, como el uso de variedades resistentes que podría ser una forma de control aceptable. Sin embargo, las investigaciones en mejoramiento genético en este cultivo son escasas, por ello es necesario valorar los distintos materiales de jamaica identificados en el país. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar la resistencia a *C. cassiicola* en 82 accesiones de jamaica provenientes de Guerrero, Puebla y

Nayarit que pudieran ser utilizadas *per se*, o como progenitores en un programa de mejoramiento genético para la resistencia a la enfermedad.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.9 Labores culturales y control de plagas y enfermedades en los sitios experimentales

En el período en el que se realizó el experimento, se realizaron a cada parcela experimental 3 deshierbes de forma manual para no afectar a las accesiones que se encontraban en investigación. También se controló la principal plaga del cultivo de jamaica, que es la hormiga arriega (*Atta spp.*) en el que se utilizó el insecticida permetrina (Pounce® granulado) aplicado en los hormigueros.

5.10 Germoplasma

Se utilizaron 82 accesiones de jamaica, 41 provenientes del banco de germoplasma del INIFAP campo experimental Iguala, 24 colectadas en comunidades de municipios de la Costa Chica de Guerrero (Acapulco, Ayutla, San Luis Acatlán y Tecoaapa), y 17 donados por la Universidad Autónoma de Nayarit y el INIFAP Puebla. Las 82 accesiones de jamaica se sembraron los días 23-26 de julio de 2016 en 5 comunidades de los municipios de Ayutla y Tecoaapa del estado de Guerrero (Cuadro 1), los cuales fueron seleccionados por su alta densidad de inóculo de *C. Cassicola*. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, estableciendo una repetición por comunidad (Cuadro 1). La unidad experimental fue un surco de 8 m de largo con 10 plantas como parcela útil (cada

planta se denominó como submuestra). El germoplasma proviene de los estados de Guerrero, Nayarit y Puebla, son materiales de cálices morados, rojos y blancos.

5.11 Variables

Las principales variables que se evaluaron fueron días de floración, la incidencia y la severidad de *C. cassicola*. Se realizaron cinco evaluaciones, que se iniciaron el 28 de Octubre de 2016, cuando los cálices ya habían emergido en todas las accesiones. Cada evaluación se hizo con intervalos de 7 días. Una escala de evaluación de severidad arbitraria con valores de 1 a 5 donde, 1 es el de menor grado de severidad (<20%), 2 (20-40%), 3 (40-60%), 4 (60-70%) y 5 es el mayor grado de severidad en la planta (>70%). Cada evaluación se hizo dividiendo cada planta en tres estratos, asignando un valor a cada estrato de acuerdo a la mencionada escala dependiendo de la severidad en el que se encontraba.

5.12 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_i = X_i\beta + Z_i b_i + \varphi_i \quad (Z_i K_i = X_i)$$

$$b_i \sim N(0, D) \quad \varphi_i \sim N(0, \Sigma)$$

$$b_1, \dots, b_m, \varphi_1, \dots, \varphi_m : \text{mutuamente independientes}$$

Terminología:

β : Efectos fijos.

b_i y φ_i : Efectos aleatorios

Componentes de varianza: Elementos de las matrices D y Σ

Note que la matriz de varianzas y covarianzas del vector aleatorio Y_i es $Cov(Y_i) = Z_i D Z_i' + \Sigma_i$

5.13 Análisis estadístico

La característica de interés es la severidad, evaluada mediante el área bajo la curva del progreso de la enfermedad, medida en la escala ordinal antes mencionada. El Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE), se calculó con el método de integración trapezoidal de cada colecta por sitio experimental (Campbell y Madden, 1990). El modelo estadístico utilizado es el de bloques aleatorios, que consiste en un modelo mixto donde las accesiones son el factor fijo, y los sitios o comunidades son el factor aleatorio. Se validó el modelo mediante la verificación de los residuales del ajuste (resultados no incluidos). La separación de medias que permiten el ordenamiento según el grado de severidad de cada una de las accesiones, se realizó mediante el procedimiento de Tukey-Kramer al nivel $\alpha=0.05$, con el programa SAS® versión 9.4 (SAS Institute, 2013) mediante la instrucción “lines” en el procedimiento GLIMMIX.

Cuadro 1. Sitios experimentales identificados con mayor densidad de inóculo de *C. cassicola* en el que se establecieron los bloques experimentales en Guerrero, México.

Municipio	Comunidad	Fecha de siembra	Coordenadas geográficas	Altitud (m)
	Xalpatlahuac	23 de julio de 2016	17°00'07.8"N 99°18'54.6"W	680

Tecoanapa	Tecoantepec	26 de julio de 2016	17° 59'55.1'' N 99°14'59.6'' W	450
	Tecoanapa	23 de julio de 2016	16°59'23.6''N 99°15'2.8'' W	468
	San Miguel	22 de julio de 2016	16°57'56''N 99°05'49'' W	380
Ayutla	Cuanacazapa	24 de julio de 2016	17°01'05''N 99°09'24'' W	360

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las accesiones evaluadas mostraron síntomas en la totalidad de sus plantas; sin embargo, existieron diferencias en el comportamiento de cada una de ellas por sitio experimental, que se puede atribuir a cambios de temperatura, humedad relativa, altitud de cada lugar y presencia de hospedantes alternos de la enfermedad.

Las condiciones ambientales que se presentaron en todos los sitios durante el experimento, se presentan en el Cuadro 2. Estas fueron variables en cada uno de los sitios experimentales. En Xalpatlahuac, la temperatura osciló de 20.1-26.2-C y la humedad relativa (HR) promedio fue de 62.1% en Noviembre y primeros días de Diciembre. El sitio experimental denominado San Miguel presentó la mayor temperatura en un rango de 22-33° C en todo el ciclo de cultivo y HR promedio de 68.8%, similar a la presentada en

Tecoanapa aunque con HR promedio un poco mayor. En Cuanacazapa se creó un microclima, los tratamientos estuvieron rodeados por una superficie de agua (arroyo) en los meses de Agosto y Septiembre, los meses de mayor precipitación en éste sitio experimental; algo similar ocurrió en el sitio experimental de Tecoantepec, dando óptimas condiciones al patógeno para cumplir su ciclo y desarrollo biológico tal como lo mencionan Shimomoto *et al.* (2011).

La intensidad de la enfermedad es mayor cuando la humedad relativa y la temperatura aumentaron, similar a los resultados obtenidos por De Oliveira *et al.*, (2011) en el cultivo de jamaica afectado con el patógeno *Botrytis cinérea*.

Cuadro 2. Intervalo de temperatura y humedad relativa promedio durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016 en cinco localidades de los municipios de Ayutla y Tecoanapa, Guerrero.

Sitio experimental	Intervalo T(°C)	HR Prom (%)
Xalpatlahuac	20.1-26.2	62.10%
Tecoantepec	23.2-27.9	70.10%
Tecoanapa	22-33	70.10%
San Miguel	22-33	68.80%
Cuanacazapa	26-28.3	74.32%

Todas las accesiones de jamaica mostraron síntomas en el follaje, pero en cálices solo aquellas accesiones de color rojo y blanco. Los materiales que mostraron la mayor susceptibilidad fueron los procedentes de Ayutla y Tecoanapa, que mostraron una

severidad entre 9.5–16.66 (Cuadro 3). Sin embargo, la severidad de la enfermedad se incrementó desde la tercera evaluación, donde se observó con mayor frecuencia síntomas en cálices. Posteriormente, en la cuarta y quinta evaluaciones la severidad se mantuvo constante en la mayoría de las accesiones evaluadas, en la Figura 3 se ejemplifica con una muestra representativa el comportamiento temporal de las accesiones que resultaron susceptibles y resistentes.

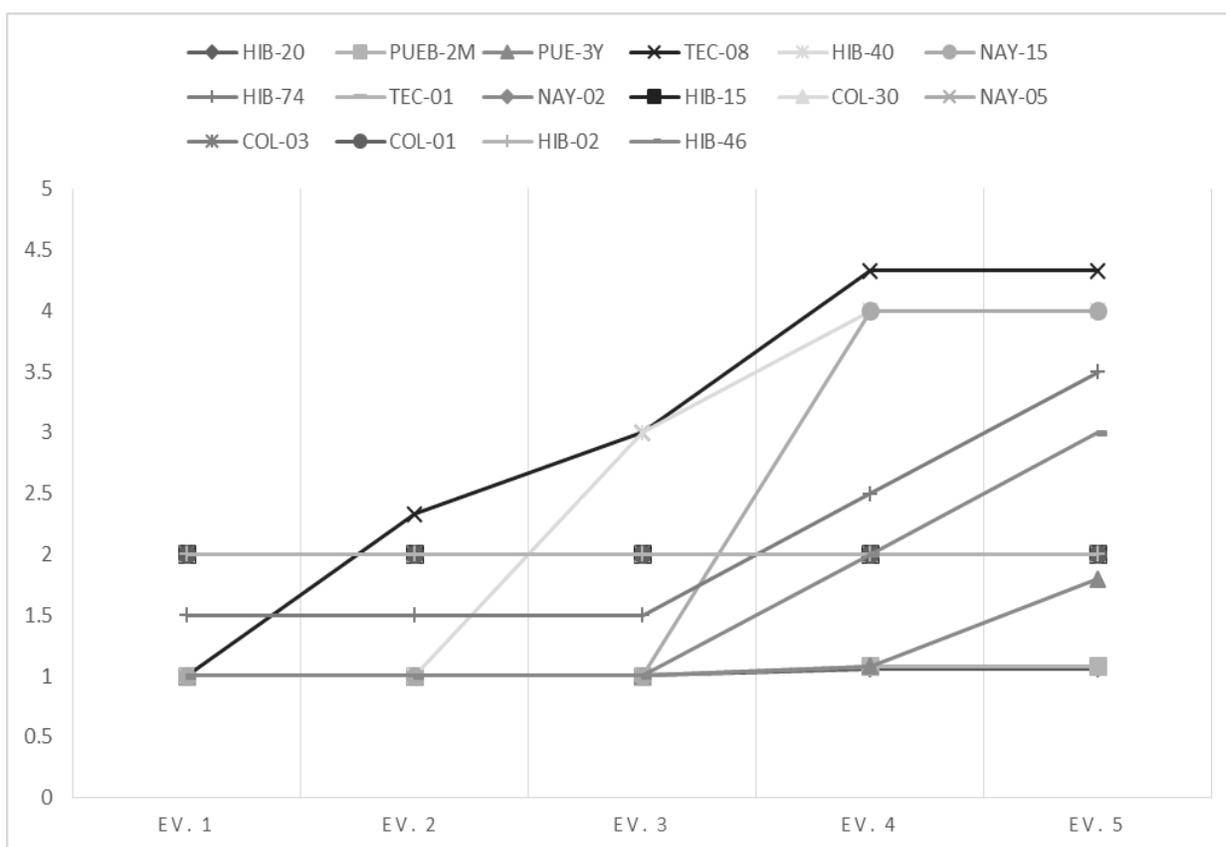


Figura 3. Comportamiento de accesiones de jamaica (*H. sabdariffa* L.) en presencia del patógeno *C. cassicola*, durante las 5 evaluaciones.

Las accesiones procedentes de Tecoaapa (TEC-08, HIB-74, COL-07, TEC-01, COL-03, COL-01), Ayutla (HIB-40, HIB-46), Nayarit (NAY-15, NAY-08, NAY-02, NAY-

05), San Marcos (HIB-15, HIB-02) y Acatepec (COL-30), consideradas estadísticamente susceptibles, presentaron un rango de 9.5-16.65 de ABCPE (Cuadro 3), donde la accesión TEC-08 (Figura 3B) mostró mayor índice de severidad (16.65) por lo que se sugiere sea utilizada como testigo susceptible en un programa de mejoramiento genético.

En cambio, accesiones de cálices color morado intenso procedentes de Puebla (PUEB-3Y y PUEB-2M) y San Marcos (HIB-20), mostraron el menor índice de severidad (5.20-5.13 ABCPE) (Cuadro 3); sin embargo, 11 accesiones de Azoyú, San Luis Acatlán y San Marcos mostraron índice de ABCPE entre 5.8-6.8, por lo que podrían incluirse como testigos resistentes en un programa de mejoramiento genético (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de comparación de Medias del ABCPE de la severidad de *C. cassicola* de las accesiones estudiadas, del estado de Guerrero.

Clave accesión	Origen	ABCPE promedio	Clave accesión	Origen	ABCPE promedio
TEC-08	Tecoanapa	16.65 a	COL-19	Tecoanapa	7.5 ab
HIB-40	Ayutla	13.5 a	AYU-01	Ayutla	7.48 ab
NAY-15	Nayarit	12.5 a	ACA-01	Acapulco	7.34 ab
HIB-74	Tecoanapa	11.33 a	NAY-12	Nayarit	7.16 ab
NAY-08	Nayarit	11.33 a	NAY-14	Nayarit	7.16 ab
COL-07	Tecoanapa	10.27 a	HIB-61	Tecoanapa	7.08 ab
TEC-01	Tecoanapa	10 a	HIB-09	San Marcos	7 ab
NAY-02	Nayarit	10 a	HIB-08	San Marcos	6.85 ab

HIB-15	San Marcos	10 a	SLA-01	S. L. Acatlán	6.83 ab
COL-30	Acatepec	10 a	HIB-27	San Marcos	6.82 ab
NAY-05	Nayarit	10 a	COL-10	Tecoanapa	6.8 ab
COL-03	Tecoanapa	10 a	SLA-02	S. L. Acatlán	6.66 ab
COL-01	Tecoanapa	10 a	HIB-31	Azoyú	6.52 ab
HIB-02	San Marcos	10 a	COL-15	Tecoanapa	6.49 ab
HIB-46	Ayutla	9.5 a	HIB-03	San Marcos	6.42 ab
HIB-50	Ayutla	9.24 ab	HIB-06	San Marcos	6.41 ab
HIB-01	Malinaltepec	9.17 ab	HIB-73	Tecoanapa	6.32 ab
TEC-02	Tecoanapa	8.92 ab	COL-18	Tecoanapa	6.15 ab
NAY-13	Nayarit	8.91 ab	COL-31	Acatepec	6.15 ab
NAY-06	Nayarit	8.77 ab	COL-02	Tecoanapa	6.15 ab
NAY-01	Nayarit	8.68 ab	HIB-60	Ayutla	6.02 ab
TEC-04	Tecoanapa	8.18 ab	COL-20	J. R. Escudero	5.82 ab
AYU-05	Ayutla	8.16 ab	AYU-02	Ayutla	5.63 ab
HIB-45	Ayutla	7.91 ab	COL-06	Tecoanapa	5.58 ab
HIB-37	Ayutla	7.83 ab	AYU-03	Ayutla	5.57 ab
TEC-07	Tecoanapa	7.77 ab	HIB-19	San Marcos	5.47 ab
NAY-18	Nayarit	7.71 ab	HIB-24	San Marcos	5.47 ab
TEC-05	Tecoanapa	7.63 ab	COL-49	S.M.Totoloapan	5.33 ab
PUE-1R	Puebla	7.5 ab	PUE-3Y	Puebla	5.20 b
NAY-07	Nayarit	7.5 ab	PUE-2M	Puebla	5.16 b

HIB-23	San Marcos	7.5 ab	HIB-20	San Marcos	5.13 b
COL-13	Tecoanapa	7.5 ab			

* **Medias con letras iguales son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$)**

En la comparación de medias por Tukey con modificación de Kramer ($p < 0.05$), se encontró que las accesiones PUE-3Y, PUE-2M y HIB-20 presentaron severidad significativamente menor al resto de las accesiones (Cuadro 3) y se colocan como las de mayor resistencia a *C. cassicola*. La característica de estas accesiones es que sus cálices son color morado intenso y, en las dos mencionadas inicialmente, su ciclo es de 120 días con floración iniciando 100 días después de la siembra (dds). En la accesión HIB-20 el ciclo fenológico fue de 180 días (Figura 4A). Una posible respuesta es similar a lo que mencionan Zizumbo-Villareal *et al.* (2005), quienes mencionan como indicador en genotipos de *Phaseolus vulgaris* la etapa fenológica y días de floración. Así, la precocidad en las accesiones PUEB-3Y y PUEB-2M probablemente influyó y hubo escape a la enfermedad. Sin embargo, la accesión HIB-20 es de ciclo largo, por lo que no en todas las accesiones se presentó escape a la enfermedad. En otra investigación, se menciona que otra razón por la que pudo ocurrir un escape fue por las labores de cultivo, principalmente el deshierbe (Quiñones-Valdés *et al.*, 2015). Es importante considerar que se han reportado diversos hospedantes alternos de *C. cassicola*, incluyendo malezas o arvenses en la región de estudio que pudieran influir en el comportamiento de las accesiones (Hernández-Morales *et al.*, 2018).



Figura 4. A) HIB-20, accesión considerada estadísticamente como resistente; B) TEC-08, cáliz rojo, accesión susceptible; C) TEC-01 (variedad Alma Blanca), cáliz color blanco, accesión susceptible.

Las accesiones TEC-08, HIB-40, NAY-15, HIB-74, NAY-08, COL-07, TEC-01, NAY-02, HIB-15, COL-30, NAY-05, COL-03, COL-01, HIB-02, HIB-46 presentaron los niveles de daño más altos, cuya severidad fue significativamente mayor a PUEB-3Y, PUEB-2M y HIB-20, y se pueden considerar como las más susceptibles al ataque de *C. cassicola*. El origen de éste germoplasma susceptible fue de los municipios de Acatepec, Ayutla, San Marcos, Tecoanapa y del estado de Nayarit (UAN) (Cuadro 3). Una de las características de este germoplasma son sus cálices de color rojo y blanco (Figura 4C). Se sabe que la cantidad de antocianinas y ácido ascórbico influye en la determinación del color en el cultivo de la jamaica (Salinas-Moreno *et, al.*, 2012), pero aún se desconoce si estos influyen en la resistencia mostrada en las accesiones de color más intenso.

7 CONCLUSIONES

Se identificaron las accesiones PUE-3Y, PUE-2M y HIB-20 de cálices morados como los materiales con mayor resistencia a *C. cassiicola* y las accesiones TEC-08, HIB-40, NAY-15, HIB-74, NAY-08, COL-07, TEC-01, NAY-02, HIB-15, COL-30, NAY-05, COL-03, COL-01, HIB-02, HIB-46 de cálices rojos y blancos como susceptibles. Este germoplasma puede ser utilizado como fuentes de resistencia en un programa de mejoramiento genético de resistencia a *C. cassiicola*

8 LITERATURA CITADA

- Ali, B. H., Al Wabel, N., and Blunden, G. (2005).** Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L.: a review. *Phytotherapy Research*, 19: 369–375 DOI: 10.1002/ptr.1628
- Amusa N. A., Adegbite A.A. and Oladapo M.O. (2005).** Vascular wilt of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *sabdariffa*) in the humid forest region of South-western Nigeria. *Plant Pathology Journal* 4:122-125.
- Ariza F. R., Serrano A. V., Navarro G. S., Ovando C. M. E., Vázquez G. E., Barrios A. A., Michel A. A., Guzmán M. S. y Otero S. M. A (2014).** Variedades Mexicanas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) “Alma Blanca” y “Rosalíz” de color claro, y “Cotzaltzin” y “Tecoanapa” de color rojo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 37: 181-185

Augstburger, F., Berger, J., Censkowsky, U., Heid, P., Milz, J., & Streit, C. (2000).

Organic farming in the tropics and subtropics. Roselle. Exemplary description of 20 crops. *Editorial Naturland e. V., Bavaria, Germany*. 14 p.

Bock C. H., Jarroudi M. E., Kouadio A., Mackels C., Chiang K. S., Delfosse P. (2015).

Disease Severity Estimates-Effects of Rater Accuracy and Assessment Methods for COmparing Treatments. *Plant disease*. 99:1104-1112 <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-14-0925-RE>

Campbell, C. L. and Madden, L.V. (1990). Introduction to plant disease epidemiology.

John Wiley and Sons. New York, USA. 532 p.

Carvalho, R. F., André C. G., Vinícius C. E., Mucci P. J., Lemus E. E. A. (2017). Controle químico da

mancha-alvo da soja (*Corynespora cassiicola*) tocantinense- Brasil. *J. Bioen. Food Sci* 4:26-36 DOI 10.18067/jbfs.v4i1.118

Cobley L.S. (1957). An introduction to the Botany of Tropical Crops. Great Britain,

Longmans. *Green, Ann. Co.* Pp. 71-73

COFUPRO, Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce (2016). Producción de

jamaica

en

México

http://www.cofupro.org.mx/cofupro/cofupro_web.php?idseccion=1178

(Mayo

2018).

Cornide M. T., Hiraldo L., and Surli J. (1993). La Resistencia Genética de las Plantas Cultivadas. Ed. Científico-Técnica. Habana, Cuba, 195p.

Da Costa R. I., Bonnlaender B., Sievers H., Pischel I. and Heinrich M. (2014). A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry* 165:424–443

De Oliveira C. A., Estevão S. P., Ampélio P. E., Pereira P. J. E. B., Baston B. P. (2011). Effect of environmental variables and planting times and methods on the intensity of stem blight (*Botrytis cinerea*) in *Hibiscus sabdariffa*. *Summa phytopathologica*. 37:101-106, <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052011000200003>

Dixon L. J., Schlub R. L., Pernezny K. and Datnoff (2009). Host Specialization and Phylogenetic Diversity of *Corynespora cassiicola*. *Phytopathology* 99:1015-1027
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-9-1015>

Duke JA, Atchley AA (1984). Proximate analysis. In: Christie BR (ED) The Handbook of plant Science in Agri. *CRC press Inc., Boca Raton, FL*, pp 427-434.

Escalante E. Y., (2001) Variabilidad patógena de *Phytophthora parasitica* Dastur en jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 19(1): 84-89

Eslaminejad, T. & Zacaria, M. (2011). Morphological characteristics and pathogenicity of associated with Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) diseases in Penang, Malasia. *Microbial Pathogenesis*, 51:325-337.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2004) Agriculture statistics. <http://www.fao.org/agriculture/estadistics/> (Mayo 2018).

Fundación Produce Guerrero (2012). Jamaica: Agenda de Innovación. *Fundación Produce*. 10 p.

Hassan N, Shimizu M. and Hyakumachi M. (2014). Occurrence of root rot and vascular wilt diseases in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in Upper Egypt. *Mycobiology* 42(1): 66-72.

Hernández M. J. y Romero C. S. (1990). Identificación del agente causal de “pata prieta” de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.)” y pruebas de fungicidas para su control bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo* (67-68):50-54

Hernández M. J., Ochoa M. D. L., Ortega A. S. A., Vega M. R.. (2018). Survey on alternative hosts of *Corynespora cassiicola*, the cause of the leaf and calyx spot, in the surroundings of roselle fields in Mexico. *Tropical Plant Pathology* 43:263-270, <https://doi.org/10.1007/s40858-017-0206-9>

Hiron, N., Alam, N., Ahmed, F. A., Begum, R., and Alam, S. S. (2006). Differential fluorescent banding and isozyme assay of *Hibiscus cannabinus* L. and *H. sabdariffa* L. (Malvaceae). *Cytologia*, 71:175–180.

Horst R.K. (2008). Westcott's plant disease handbook 7th Ed. Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York, USA. 1317 p.

Horst, R. K. (2008). Westcott's Plant Disease Handbook. 7th edition. Springer Verlag Berlin Heidelberg. New York. 1317 p.

MCINTOSH R.A., WELLINGS C.R., PARK R.F. (1995): Wheat Rusts. An Atlas of Resistance Genes. CSIRO, Australia.

Mgaya K. B., Remberg S. F., Chove B.E., and Wicklund T. (2015). Physiochemical and antioxidant properties of roselle-mango juice blends: effects of packaging material, storage temperature and time. *Food Science & Nutrition* 3:100-109
<http://doi.org/10.1002/fsn3.174>.

Morales C. M., Hernández M. J., Ruelas G.L., Moreno Y. S., Soto R. L., Rosas J. C. (2013). Influence of variety and extraction solvent on antibacterial activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces. *J Med Plants Res.* 7(31):2319-2322
<https://doi.org/10.5897/impr12.1242>

Morton J. F. (1987) Roselle *Hibiscus sabdariffa* L. In: J. F. Morton. Fruits of warm climates. Miami, Florida. Purdue University, Center for New Crops & Plants Products. Pp: 281-286.

Murdock G. P. (1989). Africa, its peoples and their culture history. New York: McGraw-Hill. 456 p.

Ooi K.H., Salleh. B., (1999). Vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum*, the causal organism of vascular wilt on roselle in Malaysia. *Biotropia* 12:31-41. Doi: 10.11598/btb.1999.0.12.149

Ortega A. S. A. (2016). Manchas foliares y de cálices en jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.): Etiología, epidemiología y manejo. Tesis doctoral Colegio de Postgraduados

Ortega A. S. A., Hernández M. J., Sandoval I. J. S., Ayala E. V., Soto R. L. y Alejo J. A. (2015). Distribución y Frecuencia de Organismos Asociados a la Enfermedad “Pata Prieta” de la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 33:173-194
<http://www.redalyc.org/pdf/612/61242145004.pdf>

- Ortega A. S.A., Hernández M. J., Ochoa M. D.L., Ayala E. V. (2015).** First report of *Corynespora cassiicola* causing leaf and calyx spot on roselle in Mexico. *Plant Disease* 99:1041 <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-14-0438-PDN>
- Pilet N. M. L., Moury B., Caffier V., Montarry J., Kerlan M. C., Fournet S., Durel C. E., Delourme R. (2017).** Quantitative Resistance to Plant Pathogens in Pyramiding Strategies for Durable Crop Protection. *Frontier in Plant Science* <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01838>
- Ploetz R.C., Palmateer A.J., Geiser D.M., Juba J.H. (2007).** First report of Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* on roselle in the United States. *Plant Disease* 91:639. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-5-0639A>
- Plotto A., Mazaud F., Röttger A. and Steffel K. (2004).** *Hibiscus*: Post-production management for improved market access organization. *Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO)*. 19 p.
- Polák J. and Bartos P.(2002).** Natural Sources of Plant Disease Resistance and their Importance in the Breeding. *Czech Journal Genetic PLant Breed.* 38:146-149
- Quiñonez V. R., Sánchez P. J. R., Castañeda V. A., Cristobal DLC. M. (2015).** Comportamiento espacial de la roya transversal del gladiolo en Jiquipilco, Estado de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33(2): 247-255

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01853309201500020

[0247](#)

Rivera C. G. (2007). Conceptos Introdutorios a la Fitopatología. Editorial Educación a Distancia San José Costa Rica pp 221-222

Ross I. A. (2003). *Hibiscus sabdariffa*. In: Medicinal plants of the world: Chemical constituents, traditional and modern medicinal uses. Vol. 1. Humana Press Inc. Pp: 267.272.

Ruiz. R. R., Hernández M. J., Ayala E. V., Soto R. L., Leyva M. S. G., Hernández R. J. (2015). Hongos Asociados a Cálices de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) Deshidratados y Almacenados en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33: 12-30 DOI

Salinas M. Y., Zuñiga H. A., Jiménez DLT. L.B., Serrano A. V. y Sánchez F. C. (2012). Color de cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y su relación con características fisicoquímicas de sus extractos acuosos. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 18:395-407 DOI: 10.5154/r.rchsh.2011.08.038

SAS Institute. 2013. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.4 Second Edition. SAS Institute. Cary, NC.

Shimomoto Y., Sato T., Hojo H., Morita Y., Takeuchi S., Mizumoto H., Kiba A. and

Hikichi Y. (2011). Pathogenic and genetic variation among isolates of *Corynespora cassiicola* in Japan. *Plant Pathology*. 60:253–260. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2010.02374.x

SIAP, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2017) Anuario Estadístico.

Cierre de la Producción Agrícola 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
<http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Mayo 2018).

Tjio, J. H. (1948). The somatic chromosomes of some tropical plants. *Hereditas*, 34: 135–146.

USDA, United States Department of Agriculture (2007). National Genetic Resources

Program. In Taxon: *Hibiscus sabdariffa* L. Germplasm Resources Information Network – (GRIN) [Online Database]. Beltsville, Maryland: National Germplasm Resources Laboratory. [http:// www.ars-grin.gov/cgi bin/npgs/html/taxon.pl?19078](http://www.ars-grin.gov/cgi_bin/npgs/html/taxon.pl?19078). (Mayo 2018).

Velázquez F. P., Zamora M. E. J., Ochoa M. D. L., Negrete F. G. y Hernández M. J.

2016. Virus asociados al amarillamiento de *Hibiscus sabdariffa* en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34:200-207.
<http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1602-1>

Zizumbo V. D. P., Colunga G. M. E., Payró DLC. P. and Delgado V., P. G. (2005).

Population structure and evolutionary dynamics of wild-weedy-domesticated complexes of common bean in a Mesoamerican region. *Crop Science* 45:1073-1083.

DOI:10.2135/cropsci2004.0340