



Nota Fitopatológica

Evaluación *in vitro* de resinas de *Jatropha curcas* y *Bursera linanoe* en el control de hongos fitopatógenos aislados de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)

Leonardo Miguel Nava-Eugenio¹, Dolores Vargas-Álvarez¹, ¹Facultad de Ciencias Químico Biológicas. ²Facultad de matemáticas, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), Ciudad Universitaria. Avenida Lázaro Cárdenas s/n, Colonia La Haciendita, C. P. 39086. Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México; Eleuterio Campos-Hernández, ³Facultad de Ciencias Naturales, UAGro. Av. Universidad S/N. Ex Rancho Shalako, C. P. 39106, Carr. Nal. Petaquillas-Chilpancingo. Petaquillas, Guerrero, México; Flaviano Godínez-Jaimes²; ³Roxana Reyes-Ríos, Mairiel Valle-de la Paz^{*3}; Daniel Perales-Rosas, Laboratorio Nacional CONAHCYT de Apoyo a la Evaluación de Productos Bióticos-LaNAEPBi, Unidad de Servicio Tecnológico Nacional de México / I.T. de Ciudad Valles, Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.

*Autor de correspondencia:
Mairiel Valle-de la Paz
15965@uagro.mx

Sección:
Número Especial

Recibido:
31 Mayo, 2024
Aceptado:
15 Octubre, 2024

Publicado:
05 November, 2024

Cita:
Nava-Eugenio LM,
Vargas-Álvarez D,
Campos-Hernández E,
Godínez-Jaimes F, et al.
2024. Evaluación *in vitro*
de resinas de *Jatropha*
curcas y *Bursera linanoe*
en el control de hongos
fitopatógenos aislados
de jamaica (*Hibiscus*
sabdariffa).
Revista Mexicana de
Fitopatología 42(4): 37.
[https://doi.org/10.18781/R.
MEX.FIT.2024-04](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2024-04)



RESUMEN

Antecedentes/Objetivos. Guerrero es importante productor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*); por lo que el objetivo fue evaluar el efecto inhibitorio de resinas *in vitro* utilizando cuatro factores: técnica (disco en agar o Kirby Bauer y pozo en agar), resinas (*B. linanoe*, *J. curcas*, mezcla de ambas y Tiabendazol), volumen (10, 20 y 30 μ L) y hongos fitopatógenos (*C. cassiicola*, *F. oxysporum* y *F. solani*) en el diámetro del halo de inhibición.

Materiales y Métodos. El análisis estadístico se realizó con un diseño factorial completamente al azar de efectos fijos para comparar los 72 tratamientos se usó la prueba de Kruskal-Walis.

Resultados. Se encontró que todos los términos fueron significativos, los efectos principales de técnica, resinas, volumen y hongos en el diámetro del halo de inhibición, pero también las interacciones dobles, triples y cuádruples.

Conclusión. La resina de *B. linanoe* mostró mayor inhibición para *C. cassiicola* y *F. oxysporum*, en las dos técnicas (técnica de pozo en agar y disco en agar o técnica Kirby Bauer), esto la convierte en el tipo de resina con mayor potencial biocontrolador.

Palabras claves: Inhibición, antifúngico, *Corynespora cassiicola*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*.

INTRODUCCIÓN

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), es considerada una especie de importancia económica (Chew *et al.*, 2024) y medicinal (Takada *et al.*, 2024). A nivel internacional, México ocupa el séptimo lugar como productor con el 5.14%. Guerrero ocupa el primer lugar como productor de jamaica en el país. Los municipios de Ayutla de los Libres y Tecoanapa son los principales productores, seguidos de Acapulco de Juárez y San Luis Acatlán (SIAP-SADER, 2022); sin embargo, el precio de venta es bajo, debido a la calidad e inocuidad desde la precosecha, por problemas ocasionados principalmente por hongos fitopatógenos (Aparicio *et al.*, 2016; Dios-López *et al.*, 2011).

Entre las enfermedades más importantes que afectan la jamaica en Guerrero se encuentran el manchado de cáliz inducido por *Corynespora cassiicola* (Ortega-Acosta *et al.*, 2015a), *Phytophthora parasitica* (Hernández-Morales y Romero-Cova, 1990), *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Fusarium incarnatum-equiseti* (Aparicio *et al.*, 2016) y otros hongos fitopatógenos asociados a dicha sintomatología como *F. oxysporum*, *F. solani* y *F. incarnatum* (Ortega-Acosta *et al.*, 2015b). Trabajos realizados recientemente indican que la enfermedad del manchado de la jamaica, es la principal limitante para la producción de cálices, ya que se presenta en incidencias del 100 % en Ayutla y Tecoanapa (Ortega-Acosta *et al.*, 2020).

Estudios realizados en muestras de cálices reportan que por 1,470 kg de jamaica recolectadas en Guerrero, el 40.8 % eran de calidad comercial con presencia de manchas y tizones en las puntas (equivalente a 588 g de la unidad) con cálices en malas condiciones de inocuidad. Los hongos fitopatógenos asociados a la jamaica en almacén fueron *Fusarium* y *Corynespora* (Ruiz-Ramírez *et al.*, 2015).

México posee una amplia diversidad de especies arbóreas de coníferas y latifoliadas de clima templado (Quiroz y Magaña 2015), con potencial en el uso de extractos orgánicos con efecto antifúngico, para combatir los hongos fitopatógenos, capaz de reducir enfermedades, con efectos favorables en la calidad de los cálices; entre ellos el “piñón” y “linaloe”, *Jatropha curcas* y *Bursera linanoe* respectivamente, se consideran una nueva alternativa orgánica para disminuir el uso de fungicidas de origen químico (Del Puerto *et al.*, 2014). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto inhibitorio de resinas de *J. curcas*, *B. linanoe*, la mezcla de ambas y Tiabendazol contra *C. cassiicola*, *F. oxysporum* y *F. solani* en condiciones *in vitro* mediante las técnicas de Kirby Bauer y por pozo en agar.

Las muestras de resina de *J. curcas* se recolectaron en fresco y la resina de linaloe (*B. linanoe*) se obtuvo de la colección del Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP), campo experimental de Zacatepec, Morelos. Ambas muestras de resina se obtuvieron del fruto, las cuales se depositaron en frascos estériles con tapa de rosca para su transporte en refrigeración a 20 °C de temperatura.

Las cepas de *C. cassiicola* con acceso en GenBank (MF000865) causante del manchado de la jamaica, *F. oxysporum* (KM519188) y *F. solani* (KM519190) asociada al síntoma de “pata prieta”, son provenientes del cultivo de jamaica del estado de Guerrero, fueron proporcionadas por el laboratorio de Sanidad e Inocuidad del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo.

Para determinar el efecto *in vitro* de las resinas sobre los hongos, las cepas se sembraron en cajas Petri en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) a temperatura ambiente (25 ± 2 °C). A los 7 días, se cubrió con 10 mL de solución salina estéril al 0.85 %, se agitó durante 3 minutos y se frotó en la superficie de la colonia de manera firme y suave con un asa bacteriológica. La suspensión obtenida de cada una de las cepas se vació directamente en tubos de ensayo estéril en reposo por 20-30 min. La turbidez de la suspensión de esporas fue medida por espectrofotometría, 70 – 75 % transmitancia a 530 nm de acuerdo a la técnica de Cermeño y Torres (1998).

Para la técnica de pozo en agar se siguió la técnica propuesta por Moreno-Limón *et al.* (2011). Para la técnica de Kirby Bauer se siguió la metodología de Gallardo-Vásquez *et al.* (2019) utilizando cajas Petri con medio de cultivo PDA, se sembraron por separado 10, 20 y 30 μ L de la suspensión de esporas de cada uno de los hongos, a una concentración de 1×10^1 con cuatro repeticiones.

Las cajas Petri se incubaron a 25 ± 2 °C por 7 días. Posteriormente se calculó el diámetro de crecimiento radial. El porcentaje de inhibición de crecimiento fue calculado tomando en cuenta que la inhibición es el inverso del crecimiento (Tequida-Meneses *et al.*, 2002). El efecto inhibitorio de las resinas fue determinado positivo con la aparición de un halo de inhibición de crecimiento alrededor de las perforaciones, el cual fue medido con un Vernier marca Fumetax® de 150 x 0,02 mm cada 24 h por 7 días.

Se determinó la dosis mínima inhibitoria (DMI), la cual es definida como la menor concentración de resinas que no mostró crecimiento en los tubos de ensayo. Se utilizó medio de cultivo PDA, donde se sembraron 8 tubos con 1 mL de PDA con 10 μ L de suspensión de esporas, a una concentración de 1×10^1 ajustada a 530 nm, 70 – 75 % de transmitancia (Cermeño y Torres 1998).

Análisis estadístico. Se calcularon las medias muestrales de los factores estudiados y se agregó su desviación estándar entre paréntesis. También se hicieron gráficas de cajas para conocer su distribución. El experimento correspondió a un diseño factorial completo al azar de efectos fijos. Se estudiaron cuatro factores: técnica (T_i) con dos niveles: disco en agar o Kirby Bauer y pozo en agar, resinas (R_j) con cuatro niveles: *B. linanoe*, *J. curcas*, mezcla de ambas y Tiabendazol, volumen (V_k) con tres niveles: 10, 20 y 30 μ L y Hongos (H_l) con tres especies: *C. cassiicola*, *F. oxysporum* y *F. solani*, y la variable respuesta fue el diámetro del halo de inhibición. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + R_j + V_k + H_l + (TR)_{ij} + (TV)_{ik} + (TH)_{il} + (RV)_{jk} + (RV)_{jl} + (RH)_{kl} + (TRV)_{ijk} + (TRH)_{ijl} + (RVH)_{ikl} + (RVH)_{jkl} + (TRVH)_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$\varepsilon_{ijkl} \sim IIDN(0, \sigma^2); i = 1, 2; j = 1, 2, 3; k = 1, 2, 3; l = 1, 2, 3, 4; t = 1, 2, 3.$$

Los datos se analizaron con el paquete estadístico R (R Core Team, 2020). En el análisis de varianza se usó el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Bajo la versión no paramétrica de rangos alineados para determinar si los efectos principales y las interacciones (Kay *et al.*, 2021). Para comparar los 72 tratamientos se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Se realizó una modificación en la concentración mínima inhibitoria (CMI) ya que, al manejar muestras crudas y naturales sin proceso con equipo de laboratorio, no se conoce la concentración que presentan, solo se trabajó con diferentes dosis (Cuadro 1). La resina de *B. linanoe* mostró una DMI mejor en comparación con el resto de las muestras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dosis Mínima Inhibitoria (DMI) de resinas de *Jatropha curcas*, *Bursera linanoe* y Mezcla de (*J. curcas* y *B. linanoe*) contra los hongos asociados a enfermedades de jamaica.

Hongo evaluado	Clave de aislamiento	Resina de <i>Jatropha curcas</i> $\mu\text{L mL}^{-1}$	Resina de <i>Bursera linanoe</i> $\mu\text{L mL}^{-1}$	Mezcla de (<i>J. curcas</i> y <i>B. linanoe</i>) $\mu\text{L mL}^{-1}$
<i>Fusarium oxysporum</i>	FsrT5	140	4	12
<i>Fusarium solani</i>	Fs34	100	4	12
<i>Corynespora cassiicola</i>	CC33GRO	120	4	8

Los 20 tratamientos muestran una predominación de la técnica de pozo en Agar pues aparece en 12 tratamientos; la resina *B. linanoe* se encuentra entre los mejores 20 tratamientos, ya que aparece en nueve tratamientos, la mezcla de resinas en cinco tratamientos y el tiabendazol en seis tratamientos; los volúmenes 10 y 20 μL aparecen en ocho y siete tratamientos respectivamente y los hongos *C. cassiicola* y *F. oxysporum* aparecen en 12 y ocho tratamientos respectivamente. La combinación Pozo en Agar y *B. linanoe* apareció en seis de los 20 tratamientos.

En el extremo opuesto, el grupo con menores medias del diámetro del halo de inhibición contiene a los cinco tratamientos que tuvieron un mínimo del diámetro del halo de inhibición de 13 mm (DJcV30Fo, DTV10Fs, DTV30Fs, PTV10Fs y PTV30Fs) y otros 14 tratamientos (DJcV10Cc, DTV20Fo, DJcV30Cc, DTV30Fo, PTV30Fo, DJcV20Cc, DJcV20Fs, PJcV20Fo, DJcV30Fs, PJcV30Fo, DTV20Fs, PTV20Fs, DJcV10Fs, DJcV20Fo) que hacen un total de 19 tratamientos. En estos tratamientos predominó la técnica de Disco en Agar ya que aparece en

13 tratamientos; la resina *J. curcas* aparece en 10 tratamientos y el tiabendazol en nueve tratamientos; los volúmenes 30, 20 y 10 µL aparecen en ocho, siete y cuatro tratamientos y los microorganismos *F. solani*, *F. oxysporum* y *C. cassiicola* aparecen en nueve, siete y tres tratamientos respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Agrupaciones de los 72 tratamientos después de usar la prueba de Kruskal-Wallis.

Trto	MDHI	Grupo*	Trto	MDHI	Grupo	Trto	MDHI	Grupo
DBIV10Cc	30.0	a	DMV30Cc	11.5	hijklmnop	PJcV20Cc	12.1	efghijklmn
DBIV10Fo	11.3	ijklmnopq	DMV30Fo	21.6	ab	PJcV20Fo	7.4	uvwxy
DBIV10Fs	10.0	klmnopqrs	DMV30Fs	10.6	ijklmnopqr	PJcV20Fs	8.3	qrstuvwxy
DBIV20Cc	30.0	a	DTV10Cc	12.3	efghijklmn	PJcV30Cc	12.0	efghijklmn
DBIV20Fo	12.7	cdefghijkl	DTV10Fo	9.0	nopqrstuv	PJcV30Fo	7.3	vwxy
DBIV20Fs	9.2	mnopqrstu	DTV10Fs	7.0	y	PJcV30Fs	8.6	opqrstuvw
DBIV30Cc	30.0	a	DTV20Cc	15.0	abcdefg	PMV10Cc	18.7	abc
DBIV30Fo	9.6	klmnopqrst	DTV20Fo	7.6	stuvwxyz	PMV10Fo	12.6	defghijklm
DBIV30Fs	8.7	opqrstuvw	DTV20Fs	7.2	wxy	PMV10Fs	9.4	lmnopqrstu
DJcV10Cc	7.8	rstuvwxy	DTV30Cc	12.0	efghijklmn	PMV20Cc	17.8	abcd
DJcV10Fo	8.1	rstuvw	DTV30Fo	7.4	tuvwxyz	PMV20Fo	15.5	bcd efghi
DJcV10Fs	6.9	wxy	DTV30Fs	7.0	y	PMV20Fs	8.8	opqrstuvw
DJcV20Cc	7.4	tuvwxy	PBIV10Cc	30.0	a	PMV30Cc	13.0	bcd efghijk
DJcV20Fo	7.1	xy	PBIV10Fo	30.0	a	PMV30Fo	12.7	cdefghijkl
DJcV20Fs	7.4	tuvwxy	PBIV10Fs	13.8	bcd efghi	PMV30Fs	13.9	bcd efghij
DJcV30Cc	8.3	stuvwxy	PBIV20Cc	30.0	a	PTV10Cc	30.0	a
DJcV30Fo	7.0	y	PBIV20Fo	30.0	a	PTV10Fo	30.0	a
DJcV30Fs	7.3	uvwxy	PBIV20Fs	13.9	bcd efghi	PTV10Fs	7.0	y
DMV10Cc	16.1	abcdef	PBIV30Cc	30.0	a	PTV20Cc	30.0	a
DMV10Fo	16.2	abcdef	PBIV30Fo	16.7	abcde	PTV20Fo	30.0	a
DMV10Fs	11.4	hijklmnop	PBIV30Fs	13.6	bcd efghij	PTV20Fs	7.2	wxy
DMV20Cc	11.8	ghijklmno	PJcV10Cc	13.5	bcd efghij	PTV30Cc	30.0	a
DMV20Fo	18.3	abcdefg	PJcV10Fo	8.6	opqrstuvw	PTV30Fo	7.4	tuvwxy
DMV20Fs	11.3	ijklmnopq	PJcV10Fs	10.1	klmnopqrs	PTV30Fs	7.0	y

Trto: Tratamiento; MDHI: medias del diámetro del halo de inhibición, * Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. D=Disco en agar o Kirby Bauer, P=pozo en agar, Bl= *B. linanoe*, Jc= *J. curcas*, M= mezcla de ambas resinas, T= Tiabendazol, V10=10 µL, V20=20 µL, V30=30 µL, Fo= *F. oxysporum*, Fs= *F. solani*, Cc= *C. cassiicola*.

Se encontró que todos los factores fueron significativos, incluyendo los efectos principales de la técnica, las resinas, el volumen y los hongos en el diámetro del halo de inhibición, así como las interacciones dobles, triples y cuádruples. La resina de *B. linanoe*, mostró la mayor inhibición y, por lo tanto, el mayor efecto antifúngico contra *C. cassiicola* y *F. oxysporum*, dicho efecto antifúngico puede estar asociada con una variedad de metabolitos secundarios presentes en la planta, como saponinas, fenoles, flavonoides y compuestos monoterpénicos como el acetato de

linalool (Becerra y Noge, 2010; Cruz *et al.*, 2016). La respuesta antifúngica que se obtuvo de *B. linanoe*, va de acuerdo con Arellano-Hernández (2018) quien en estudios recientes observó que presenta propiedades bacteriostáticas y biofúngicas de sus resinas obtenidas de diferentes partes del árbol. Esto concuerda con Seepe *et al.* (2020) quienes mencionan que los extractos de plantas han demostrado una alta actividad antifúngica contra diferentes patógenos como el género *Fusarium*. Los metabolitos de las resinas como acetato de linalilo, cariofileno, undeceno reportado en lináloe (Cruz *et al.*, 2016).

En el caso de la resina de *J. curcas* no se obtuvieron resultados alentadores mostrando que con la técnica de pozo agar se obtuvo un halo de inhibición en el hongo *C. cassicola* de 12.0 a 13.5 mm. A pesar de que Córdova-Albores *et al.* (2016) mencionan que el efecto del aceite de *Jatropha curcas* ha sido estudiado extensamente, encontrándose que tiene la capacidad de alterar parcialmente la morfología del micelio y conidios de *F. oxysporum*, provocando daños morfológicos y celulares, incluyendo una intensa vacuolización. Estos efectos se atribuyen a la gran cantidad de metabolitos con actividad antifúngica presentes en diversas partes de la planta (Saetae y Suntornsuk, 2010). Rahu *et al.* (2021) mencionan también que es fundamental que los ensayos determinen el efecto fungicida de los extractos o compuestos, ya que *J. curcas* es una planta con mucho potencial como agente antibacteriano.

Por otra parte, la mezcla de ambas resinas (*B. linanoe* + *J. curcas*) para potenciar el efecto antifúngico fue menor a lo esperado, mostrando halos de inhibición de 16.1 a 18.7 mm, superiores a los de la resina de *J. curcas*, que presentó halos de inhibición de 7 a 13.1 mm, pero inferiores a los de *B. linanoe*, con halos de inhibición de 30 mm. Estas son medias marginales que no consideran el efecto de los otros tres factores estudiados. Por lo tanto, no se considera una buena opción mezclar ambas resinas. La mejor concentración mínima inhibitoria fue para *B. linanoe* ($4 \mu\text{L mL}^{-1}$), seguida de la mezcla ($12 \mu\text{L mL}^{-1}$) y, por último, *J. curcas* ($140 \mu\text{L mL}^{-1}$) (Cuadro 1).

El testigo comercial tiabendazol presentó control en seis de los tratamientos mostrando un halo de inhibición de 30 mm con la técnica de pozo en agar de los hongos *C. cassicola* y *F. oxysporum*. Esto concuerda con Medina-Osti *et al.* (2022) quienes mencionan que tiabendazol ha demostrado su acción antifúngica derivado de su efecto directo sobre la mitosis, lo que impide el desarrollo del micelio; por lo que es eficaz en la disminución del crecimiento del micelio en especies de *Fusarium*. Sin embargo, el uso del tiabendazol, uno de los fungicidas más efectivos contra una amplia variedad de patógenos, ya no es un tratamiento efectivo, aunque algunos agricultores todavía hacen uso de éste para controlar algunas enfermedades causadas por patógenos (Seepe *et al.*, 2021).

En cuanto a cada especie de hongo, los mayores halos de inhibición, con 30 mm, se presentan en *C. cassicola*, siendo uno de los más susceptibles y de

menor resistencia, ya que mostró halos superiores en todos los volúmenes empleados. En cuanto a *F. oxysporum* también mostró susceptibilidad con un halo de inhibición de 30 mm, presentando halos superiores en los volúmenes de hongo de 10 y 20 μ L. Esto sugiere que el uso de estas resinas podrían ser una alternativa viable contra la enfermedad del manchado de hojas y cálices de la jamaica. Estos hallazgos coinciden con los de Moreno-Limón *et al.* (2011), quienes evaluaron diferentes suspensiones de esporas de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* observando una alta variabilidad en su análisis. Sin embargo, los informes sobre *C. cassiicola* en jamaica son escasos en el estado de Guerrero (Ortega-Acosta *et al.*, 2015a). Por lo tanto, es importante continuar investigando para comprender los mecanismos de acción específicos de la resina de *Bursera linanoe*.

No se observaron diferencias significativas en la evaluación de los volúmenes de hongos utilizados, ya que los mayores diámetros en los halos de inhibición se presentaron consistentemente en volúmenes de 10, 20 y 30 μ L. La resina de *B. linanoe*, obtenida del fruto del árbol, se considera una alternativa prometedora y eficiente como biofungicida en el control de *C. cassiicola*, *F. oxysporum* y *F. solani*, según resultados obtenidos *in vitro*. Por lo tanto, invertir en el desarrollo de productos a base de plantas medicinales para el control de enfermedades de los cultivos causadas por patógenos, es un sector en crecimiento que debe ser considerado y desarrollado (Seepe *et al.*, 2021).

Reducir el uso de fungicidas sintéticos convencionales mediante la incorporación de productos naturales efectivos es un paso crucial hacia una producción agrícola sostenible. No obstante, es fundamental comprender el mecanismo de acción de estas resinas y evaluar su efectividad en condiciones de campo.

Se obtuvo que todos los términos fueron significativos, los efectos principales de técnica, resinas, volumen de hongos y especies de hongos en el diámetro del halo de inhibición, pero también las interacciones dobles, triples y cuádruples.

Los resultados de la presente investigación *in vitro* permiten observar que la resina de *B. linanoe* mostró mayor inhibición para *C. cassiicola* y *F. oxysporum*, en las dos técnicas (técnica de pozo en agar y disco en agar o técnica Kirby Bauer), esto la convierte en el tipo de resina con mayor potencial biocontrolador.

LITERATURA CITADA

- Aparicio AE, Gallardo HAF, Valle-de la Paz M, Gijón HAR y Guillén SD. 2016. Identificación molecular de hongos asociados al manchado del cáliz en jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Tecoanapa y Mecatepec, Guerrero, México. Revista Mexicana de Fitopatología 34(suplemento): S45. https://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen342016/Suplemento_34_2016.pdf
- Arellano-Hernández G. 2018. El lináloe (*Bursera linanoe* (La Llave) Rzedowski, Calderón & Medina), especie maderable amenazada, una estrategia para su conservación. Agro Productividad, 7(3) :42-51. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/523>

- Becerra JX and Noge K. 2010. The Mexican roots of the Indian Lavender Tree. *Acta Botánica Mexicana*. (91) 27-36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57412477005>
- Cermeño VJR, y Torres JR. 1998. Método espectrofotométrico en la preparación del inóculo de hongos dematiáceos. *Revista Iberoamericana de Micología* 15:155-157. <http://www.reviberoammicol.com/1998-15/155157.pdf> https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=5590032&pid=S1405-2768201100020001200010&lng=es
- Chew LY, Teng SK, Neo YP, Sim YY and Chew SC. 2024. The potential of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) plant in industrial applications: A promising source of functional compounds. *J Oleo Sci*. 73(3):275-292. <https://doi.org/10.5650/jos.ess23111>.
- Córdova-Albores LC, Zapotitla ES, Ríos MY, Barrera-Necha LL, Hernández-López M and Bautista-Baños S. 2016. Microscopic study of the morphology and metabolic activity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* treated with *Jatropha curcas* oil and derivatives. *J Microsc Ultrastruct* 4: 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.jmau.2015.10.004>
- Cruz CE, Vargas AD, Damián NA y Palemón AF. 2016. Compuestos en resinas de linanoe (*Bursera linanoe*). *Revista Tlamati*. 7:5-8. <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/545>
- Del Puerto RAM, Suárez TS y Palacio EDE. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 52 (3):372-387. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>
- Dios-López A, Montalvo-González E, Andrade-González I y Gómez-Leyva JF. 2011. Inducción de antocianinas y compuestos fenólicos en cultivos celulares de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) *in vitro*. *Rev. Chapingo Ser. Hortic*. 17(2):77-87. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17n2/v17n2a2.pdf>
- Gallardo-Vásquez GJ, Chávez-Flore JE y Contreras-Torvisco M. 2019. Evaluación del efecto antibacteriano del látex de *Jatropha curcas* “piñón” Rente a *Staphylococcus aureus*. *Duazary*, 16(1): 105-114. <https://doi.org/10.21676/2389783X.2533>.
- Hernández-Morales J y Romero-Cova 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 <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-chapingo/3>
- Kay M, Elkin L, Higgins J and Wobbrock J. 2021. *_ARTool: Aligned Rank Transform for Nonparametric Factorial ANOVAs_*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.594511>
- Medina-Osti F, Gutiérrez-Díez A, Ochoa-Ascencio S and Sinagawa-García SR. 2022. *In vitro* sensitivity of *Fusarium sacchari* isolated from sugar cane to five fungicides. *Mexican Journal of Phytopathology* 40:1-11. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2206-1>
- Moreno-Limón S, González SLN, Salcedo MSM, Cárdenas AML y Perales RA. 2011. Efecto antifúngico de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata* L.) sobre la inhibición *in vitro* de *Aspergillus flavus* y *Penicillium sp*. *Rev. Polibotánica* 32:193-205. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000200012&lng=es&tlng=es.
- Ortega-Acosta SÁ, Hernández-Morales J, Ochoa-Martínez DL and Ayala-Escobar V. 2015a. 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>
- Ortega-Acosta SA, Hernández-Morales J, Sandoval-Islas JS, Ayala-Escobar V, Soto-Rojas L y Alejo-Jaimes A. 2015b. 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.
- Ortega-Acosta SÁ, Mora-Aguilera JA, Velasco-Cruz C, Ochoa-Martínez DL, Leyva-Mir SG and Hernández-Morales J. 2020. Temporal progress of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) leaf and calyx spot disease (*Corynespora cassiicola*) in Guerrero, Mexico. *Journal of Plant Pathology*102: 1007-1013. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00550-1>
- Quiroz CJA y Magaña AMA. 2015. Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales *Madera y Bosques* 21(3): 171-183. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n3/v21n3a13.pdf>
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rahu MI, Naqvi SHA, Memon NH, Idrees M, Kandhro F, Pathan NL, Sarker MNI and Aqeel Bhutto M. 2021. Determination of antimicrobial and phytochemical compounds of *Jatropha curcas* plant. *Saudi J Biol Sci*. 28(5):2867-2876. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.019>. Epub 2021 Feb 16. PMID: 34012327; PMCID: PMC8116963.

- Ruiz-Ramírez R, Hernández-Morales J, Ayala-Escobar V y Soto-Rojas L. 2015. Hongos asociados a cálices de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) deshidratados y almacenados en Guerrero, México. *Revista mexicana de Fitopatología*. 3:12:30. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092015000100012&lng=es&tlng=es
- Saetae D and Suntornsuk W. 2010. Antifungal activities of ethanolic extract from *Jatropha curcas* Seed Cake. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 20 (2):319–324. <https://doi.org/10.4014/jmb.0905.05035>
- Seepe HA, Lodama KE, Sutherland R, Nxumalo W and Amoo SO. 2020. *In Vivo* antifungal activity of South African medicinal plant extracts against *Fusarium* pathogens and their phytotoxicity evaluation. *Plants* 9(12):1668. <https://doi.org/10.3390/plants9121668>.
- Seepe HA, Nxumalo W and Amoo SO. 2021. Natural products from medicinal plants against phytopathogenic *Fusarium* species: Current research endeavours, challenges and prospects. *Molecules* 26(21): 6539. <https://doi.org/10.3390/molecules26216539>
- SIAP-SADER (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Obtenido de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consulta, octubre 2022).
- Takada K, Nakano S, Nishio R, Muku D, Mochizuki S, Inui I, Okita K, Koga A, Watanabe K, Yoshioka Y, Ariyoshi W and Yamasaki R. 2024. Medicinal herbs, especially *Hibiscus sabdariffa*, inhibit oral pathogenic bacteria. *J Oral Biosci*. 66(1):179-187. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.01.006>.
- Tequida-Meneses M, Cortez-Rocha M, Rosas-Burgos EC. López-Sandoval S y Corrales-Maldonado C. 2002. Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*. *Revista Iberoamericana de Micología* 19: 84-88. <http://www.reviberoammicol.com/2002-19/084088.pdf>