

22

EVALUACIÓN

**DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS VEGETALES
SOBRE HONGOS ASOCIADOS A MANCHAS FOLIARES EN
BANANO**

EVALUACIÓN

DEL EFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS VEGETALES SOBRE HONGOS ASOCIADOS A MANCHAS FOLIARES EN BANANO

EVALUATION OF THE ANTIFUNGAL EFFECT OF PLANT EXTRACTS ON FUNGI ASSOCIATED WITH LEAF SPOTS ON BANANA

Yajaira Brigitte Morocho-Coronel¹

E-mail: ymorocho2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9340-9985>

Edwin Edison Jaramillo-Aguilar¹

E-mail: ejaramillo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

Sayda Noemi Herrera-Reyes¹

E-mail: sherrera@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7226-5345>

Alexander Moreno-Herrera¹

E-mail: aherrera@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8898-4195>

¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Morocho-Coronel, Y. B., Jaramillo-Aguilar, E.E., Herrera-Reyes, S. N., & Moreno-Herrera, A. (2024). Evaluación del efecto antifúngico de extractos vegetales sobre hongos asociados a manchas foliares en banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(S1), 248-257

RESUMEN

El banano, un cultivo el cual constituye una de las fuentes de ingresos para la economía en el Ecuador y demás países generadores de exportación. El objetivo de la investigación fue evaluar la actividad antifúngica de los diferentes extractos vegetales sobre la inhibición micelial de *Fusarium incarnatum* a nivel in vitro. Se efectuó un diseño experimental completamente al azar, con 21 tratamientos, 3 repeticiones y un testigo absoluto. Estos tratamientos fueron extractos vegetales, como hidrolatos y extractos etanólicos: que fueron de extractos de canela (*Cinnamomum verum*), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y orégano (*Origanum vulgare*). Las variables evaluadas fueron: crecimiento radial del micelio de *Fusarium incarnatum* durante los 7 días, área bajo la curva de la enfermedad ABCPE y el valor de la pendiente de la regresión lineal, el tratamiento que registró mayor inhibición fue el T13, T14, T15 en todas sus dosis (10,000; 30,000; 50,000 ppm) del extracto etanólico de clavo de olor, y T12 (50,000 ppm) de extracto etanólico de canela. En conclusión, los extractos etanólicos a sus dosis anteriormente mencionadas fueron los mejores tratamientos para el control inhibitorio a nivel in vitro.

Palabras clave:

Fusarium Incarnatum, patógeno, extractos vegetales, antifúngico, inhibición micelial.

ABSTRACT

Banana, a crop which constitutes one of the sources of income for the economy in Ecuador and other exporting countries. The objective of the research was to evaluate the antifungal activity of different plant extracts on the mycelial inhibition of *Fusarium incarnatum* in vitro. A completely randomized experimental design was used, with 21 treatments, 3 replicates and an absolute control. These treatments were plant extracts such as hydrolysates and ethanolic extracts: cinnamon (*Cinnamomum verum*), clove (*Syzygium aromaticum*) and oregano (*Origanum vulgare*) extracts. The variables evaluated were: radial growth of *Fusarium incarnatum* mycelium during the 7 days, area under the ABCPE disease curve and the value of the slope of the linear regression, the treatment that registered the greatest inhibition was T13, T14, T15 in all its doses (10,000; 30,000; 50,000 ppm) of the ethanolic extract of clove and T12 (50,000 ppm) of ethanolic extract of cinnamon. In conclusion, the ethanolic extracts at their above mentioned doses were the best treatments for inhibitory control at the in vitro level.

Keywords:

Fusarium Incarnatum, pathogen, plant extracts, antifungal, mycelial inhibition.

INTRODUCCIÓN

El banano es uno de los cultivos frutícolas, más populares a escala mundial, y se ha convertido en uno de los principales productos de comercialización (Rey & Martínez, 2021). Después del petróleo, el comercio del banano se erige como la segunda fuente de ingresos más importante para la economía del país. Como resultado, desempeña un papel crucial en su desarrollo económico (Acaro & Córdova, 2021). Ecuador se considera el principal productor y exportador mundial de banano, y su presencia a nivel internacional está en constante crecimiento, convirtiéndose así en el pilar fundamental de apoyo para la población rural en la provincia de El Oro (Córdova et al., 2022). La superficie destinada al sector bananero sobrepasa las 200 mil hectáreas (León et al., 2020). En el ámbito de la industria bananera, las exportaciones representan aproximadamente el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) relacionado con la agricultura (Sánchez et al., 2021).

El cultivo de banano se ve afectado por algunos factores bióticos, como hongos fitopatógenos foliares. Además, de los problemas fitosanitarios en el cultivo, se presentan factores abióticos, como las altas temperaturas ocasionadas por el cambio climático (Vázquez, 2021).

Se estima que existen aproximadamente 8000 especies de hongos fitopatógenos conocidas. Se ha observado que un solo hongo fitopatógeno puede actuar como hospedero para múltiples familias de plantas. El género *Fusarium* es un hongo fitopatógeno que posee una acción enzimática celulolítica. Este hongo se ubica en la superficie de la planta, y ocasiona ablandamiento debido a la desintegración de componentes de la pared celular (Henao et al., 2018). Su destrucción foliar afecta la eficiencia fotosintética, lo que ocasiona pérdidas económicas, ya que este patógeno actúa de manera temprana, antes de que la planta pueda desarrollar sus primeros racimos (Vásquez & Hurtado, 2021).

Frente al desafío de combatir este tipo de patógeno, se ha observado un uso indiscriminado de varios fungicidas sintéticos a lo largo del tiempo para su control. Este uso excesivo ha resultado en la pérdida de sensibilidad del patógeno a las principales moléculas, creando una resistencia fisiológica a las enfermedades (Terrero et al., 2020).

A nivel mundial, se ha observado un aumento en la utilización de plantas debido a los compuestos que poseen

propiedades antifúngicas, que pueden utilizarse en el control de patógenos. Las plantas tienen la capacidad de producir metabolitos secundarios relacionados con mecanismos de defensa, entre los que se incluyen compuestos químicos como fenoles, alcaloides y terpenos, que tienen propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Específicamente, el eugenol (2-metoxi-4alil fenol) y aldehído cinámico (3-fenil-2-propenal) son los principales componentes volátiles presentes en el clavo de olor y la canela (Mesa et al., 2019).

Debido a su actividad antimicrobiana, se ha despertado un interés significativo en determinar este tipo de actividad en los metabolitos secundarios de cada planta (Flores et al., 2017). Esto se logra mediante el análisis de cómo se ve afectada la germinación de esporas de los organismos patógenos, así como su crecimiento, supervivencia y la estructura del micelio (Guerrero et al., 2020).

La investigación se planteó como objetivo evaluar la actividad antifúngica de los diferentes extractos vegetales sobre la inhibición micelial de *Fusarium incarnatum* a nivel in vitro.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Granja Experimental “Santa Inés” en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, situada a 5,5 km de la vía Machala – Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro. El área de estudio se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 03° 17' 16" S y 79° 54' 05" W. Las características edafoclimáticas establecen suelos aluviales con una temperatura promedio de 25 °C, con dos a tres horas de heliofanía diaria y precipitación anual de 400 a 500 mm que determinan un clima de tipo bosque seco tropical.

El trabajo se realizó en el laboratorio de sanidad vegetal, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, el trabajo fue llevado a cabo desde el mes de febrero hasta agosto del 2023.

Los diferentes tratamientos de los extractos vegetales, fueron sometidos a análisis con dosis de 10,000 ppm, 30,000 ppm y 50,000 ppm, el diseño experimental fue llevado a cabo por un DCA no paramétrico, con 21 Tratamientos, cada uno con 4 repeticiones y un testigo absoluto (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Material vegetal	Dosis (ppm)
T1	Hidro. Cinnamomum verum	10,000
T2	Hidro. Cinnamomum verum	30,000
T3	Hidro. Cinnamomum verum	50,000
T4	Hidro. Syzygium aromaticum	10,000
T5	Hidro. Syzygium aromaticum	30,000
T6	Hidro. Syzygium aromaticum	50,000
T7	Hidro. Origanum vulgare	10,000
T8	Hidro. Origanum vulgare	30,000
T9	Hidro. Origanum vulgare	50,000
T10	E. E Cinnamomum verum	10,000
T11	E. E Cinnamomum verum	30,000
T12	E. E Cinnamomum verum	50,000
T13	E. E Syzygium aromaticum	10,000
T14	E. E Syzygium aromaticum	30,000
T15	E. E Syzygium aromaticum	50,000
T16	E. E Origanum vulgare	10,000
T17	E. E Origanum vulgare	30,000
T18	E. E Origanum vulgare	50,000
T19	Alcohol 96%	10,000
T20	Alcohol 96%	30,000
T21	Alcohol 96%	50,000
T22	Testigo absoluto	0

*Hidro. Hidrolatos

*E.E. Extractos etanólicos

MATERIALES Y MÉTODOS

El laboratorio ID gen identificación molecular, donde se envió la muestra fúngica aislada, en caja Petri, para su respectivo análisis, con el método de determinación de identificación molecular por barcoding ITS para hongo que se realizó el siguiente procedimiento:

- Se realizó la extracción de ADN por métodos convencionales, se utilizó aproximadamente 100 mg de muestra de micelio
- Se evaluó la integridad y calidad del ADN mediante espectrofotometría de microvolúmenes y visualización en gel de agarosa.
- Se diluyó el ADN hasta una concentración de aproximadamente 20ng/uL para su amplificación mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) utilizado los primers ITS: ITS1/ITS4[1].
- Los productos de PCR fueron purificados previo a la secuenciación por el método SANGER
- Las secuencias obtenidas fueron limpiadas y ensambladas mediante programas bioinformáticos.
- Se compararon las secuencias ensambladas de las muestras con la base de datos de nucleótidos de GenBank del NCBI para su identificación taxonómica.

Obtención de extractos vegetales (hidrolatos y etanólicos)

Para obtener los hidrolatos, se llevó a cabo el proceso de hidrodestilación. En primer lugar, el material vegetal se lavó con agua destilada y luego se secó a una temperatura de 35°C en una estufa. Posteriormente, se trituró en un mortero y se pesaron 100 g de cada muestra. Luego, se colocó el material vegetal en un equipo de hidrodestilación con una trampa Clevenger (Figura 1A), junto con agua destilada, para obtener el aceite esencial y los hidrolatos. Estos fueron

separados utilizando un matraz de decantación y luego se transfirieron a frascos de vidrio ámbar, conservándolos en refrigeración para preservar su actividad.

Para obtener los extractos etanólicos, se pulverizó el material vegetal, utilizando una cantidad de 50 g y 120 ml de etanol al 96%, con una relación 1-2.4. Luego, se dejó en maceración durante 96 horas (Figura 1B). Posteriormente, se separó el material vegetal mediante centrifugación para eliminar cualquier residuo del extracto etanólico. Finalmente, el extracto se transfirió a frascos de vidrio ámbar y se almacenó en refrigeración.

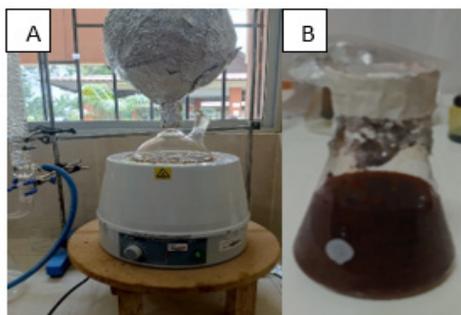


Figura 1. A) Trampa Clevenger (hidrolatos) B) Maceración de E.E.

Siembra del hongo fitopatógeno

La cepa del hongo se obtuvo del laboratorio de sanidad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Para iniciar el proceso, se llevó a cabo la siembra del hongo fitopatógeno, y los materiales como los medios de cultivo con PDA se sometieron a esterilización en la autoclave a una temperatura de 121°C durante 15 minutos. Posteriormente, se preparó la cámara de flujo laminar y se sometió a esterilización con luz ultravioleta durante 30 minutos. Se encendieron 2 mecheros de alcohol y se procedió a preparar PDA mediante alimento envenenado, con distintos tratamientos a dosis de 10,000 ppm, 30,000 ppm y 50,000 ppm (Figura 2A). Luego, se realizó la siembra en cajas Petri (Figura 2B) con la ayuda de las asas, colocando el hongo en el centro. Las cajas se incubaron a 28°C durante 168 horas, y se comenzaron a evaluar las mediciones a partir de las 24 horas después de la siembra.

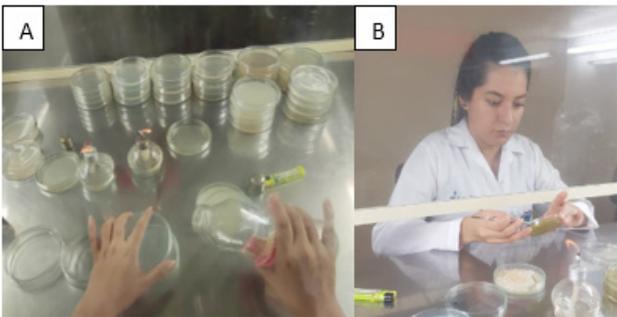


Figura 2. A) Plaqueo de tratamientos a diferentes dosis B) Siembra.

La investigación continuó con pruebas de patogenicidad mediante la inoculación de plantas meristemáticas, y se confirmó que el hongo *Fusarium incarnatum* es un patógeno que afecta la parte foliar de las plántulas de banana. Estas pruebas se llevaron a cabo en una cámara húmeda y se utilizaron un total de 8 plantas en el estudio.

VARIABLES EVALUADAS

- Crecimiento radial del micelio de *Fusarium incarnatum* durante los 7 días.
- Área bajo la curva de la enfermedad ABCPE.
- Valor de la pendiente de la regresión lineal de cada tratamiento.

Crecimiento radial del micelio de *Fusarium incarnatum* durante los 7 días.

A partir de las mediciones realizadas a las 24 horas después de la siembra, se procedió a evaluar diariamente el crecimiento micelial de todos los tratamientos.

Se midió el crecimiento del micelio en (mm) con la ayuda de una regla milimétrica. Además, se marcó una cruz en el centro de la caja Petri con un marcador y una regla para dividirla en 4 cuadrantes, lo que facilitó el proceso de medición.

Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

Utilizando los datos del crecimiento del micelio recopilados en las 7 evaluaciones, se procedió a calcular el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) para cada ecuación, junto con su respectivo tratamiento y repetición. Este cálculo se llevó a cabo utilizando una hoja de cálculo en Excel.

Valor de la pendiente de la regresión lineal de cada tratamiento

A partir de los datos del crecimiento del micelio de cada tratamiento recopilados durante las 7 evaluaciones, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal utilizando una hoja de cálculo en Excel. En este proceso, se obtuvo la pendiente de cada ecuación correspondiente a cada tratamiento, así como sus respectivas repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a la variable ABCPE, se realizó un análisis exploratorio de datos, con la prueba de Shapiro-Wilk y prueba de Levene. Los resultados indicaron que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, lo que llevó a la decisión de aplicar estadísticas no paramétricas. En este contexto, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Según el ANOVA no paramétrico (Tabla 2), se observó que al menos uno de los tratamientos es diferente estadísticamente al resto. Esto se confirma en la prueba de comparación de medianas (Tabla 3), donde los tratamientos que

comparten una letra común no presentan diferencias significativas. De acuerdo con estos resultados, se determinó que los tratamientos más efectivos son T13, T14 y T15, que corresponden a los extractos etanólicos de clavo de olor con dosis de 10,000 ppm, 30,000 ppm y 50,000 ppm, respectivamente, junto con el T12, que es el extracto etanólico de canela a 50,000 ppm. Estos tratamientos superaron estadísticamente al resto, tal como se visualizar en la Figura 3.

Tabla 2. Prueba de Kruskal Wallis (ABCPE).

Nueva tabla : 7/9/2023 - 10:51:54 - [Versión : 30/4/2020]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRAT	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
AUDPC	T1	4	3,06	0,20	3,14	83,36	<0,0001
AUDPC	T10	4	2,55	0,23	2,53		
AUDPC	T11	4	0,73	0,24	0,68		
AUDPC	T12	4	0,00	0,00	0,00		
AUDPC	T13	4	0,00	0,00	0,00		
AUDPC	T14	4	0,00	0,00	0,00		
AUDPC	T15	4	0,00	0,00	0,00		
AUDPC	T16	4	2,87	0,16	2,90		
AUDPC	T17	4	1,52	0,03	1,52		
AUDPC	T18	4	0,35	0,01	0,35		
AUDPC	T19	4	3,20	0,08	3,18		
AUDPC	T2	4	2,46	0,24	2,57		
AUDPC	T20	4	2,24	0,13	2,26		
AUDPC	T21	4	0,12	0,04	0,11		
AUDPC	T22	4	3,10	0,28	3,08		
AUDPC	T3	4	2,11	0,28	2,11		
AUDPC	T4	4	3,51	0,11	3,53		
AUDPC	T5	4	3,00	0,21	2,93		
AUDPC	T6	4	2,03	0,03	2,03		
AUDPC	T7	4	3,31	0,15	3,37		
AUDPC	T8	4	2,72	0,33	2,74		
AUDPC	T9	4	2,21	0,18	2,29		

Tabla 3. Prueba comparación de medianas (ABCPE).

Trat.	Ranks
T12	8,50 A
T13	8,50 A
T14	8,50 A
T15	8,50 A
T21	18,50 A B
T18	22,50 A B
T11	26,50 A B C
T17	30,50 A B C D
T6	37,50 A B C D E
T3	40,63 A B C D E
T9	43,75 A B C D E F
T20	44,75 B C D E F G
T2	51,50 B C D E F G H
T10	53,38 B C D E F G H
T8	58,75 C D E F G H
T16	63,75 D E F G H
T5	68,25 E F G H
T1	70,75 E F G H
T22	72,50 E F G H
T19	76,25 F G H
T7	79,50 G H
T4	85,75 H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Medianas con una letra común no son significativamente diferentes

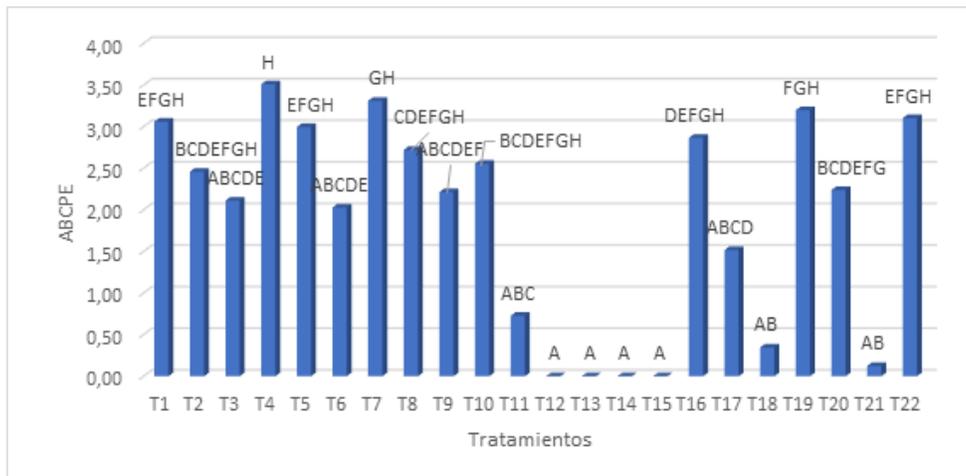


Figura 3. Datos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

Estos datos coinciden con el control total del crecimiento micelial del hongo *Fusarium incarnatum*, logrando una inhibición del 100%. De acuerdo con (Acedo et al., 2020), la evaluación realizada con concentraciones de 10,000 ppm y 30,000 ppm mostró la capacidad de detener el crecimiento micelial del hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum*. Se observó que a mayores dosis se logra una mayor inhibición, como lo demuestra este experimento donde la concentración de 50,000 ppm en el extracto de clavo de olor alcanzó un alto nivel de inhibición.

Los datos obtenidos en este estudio coinciden con los resultados previamente reportados por (López et al., 2005) en cuanto al efecto promedio de inhibición observado durante los dos intervalos de incubación de los hongos en cada extracto y sus distintas concentraciones. Además, de acuerdo con las investigaciones de Sánchez (2022), se ha observado que el extracto de canela a partir de una concentración de 500 ppm tiene la capacidad de detener el desarrollo micelial.

Valor de la pendiente de la regresión lineal de cada tratamiento

En relación a los resultados de la variable evaluada, que corresponde a la pendiente de la regresión lineal, se llevó a cabo un análisis exploratorio de datos que incluyó la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Levene. Los resultados indicaron que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Como resultado, no fue posible aplicar estadísticas paramétricas, por lo que se optó por utilizar estadísticas no paramétricas, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis.

De acuerdo con el análisis de varianza no paramétrico (Tabla 4), se observó que al menos un tratamiento difiere estadísticamente del resto. Este resultado se confirma en la prueba de comparación de mediana (Tabla 5), donde se encontró que las medianas con una letra común no presentan diferencias significativas. Según los resultados obtenidos, los tratamientos más efectivos son T13, T14 y T15, que corresponden a extractos etanólicos de clavo de olor en todas sus dosis (10,000 ppm, 30,000 ppm y 50,000 ppm), respectivamente. Además, el T12 demostró un efecto inhibitorio a una dosis de 50,000 ppm con extracto etanólico de canela.

Los tratamientos superaron estadísticamente al resto, tal como se visualiza en la Figura 4.

Tabla 4. Pendiente de la regresión lineal.

Nueva tabla : 8/9/2023 - 12:56:36 - [Versión : 30/4/2020]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRAT	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
PENDIENTE	T1	4	0,04	0,01	0,04	79,58	<0,0001
PENDIENTE	T10	4	0,06	4,5E-03	0,06		
PENDIENTE	T11	4	0,05	0,01	0,06		
PENDIENTE	T12	4	0,00	0,00	0,00		
PENDIENTE	T13	4	0,00	0,00	0,00		
PENDIENTE	T14	4	0,00	0,00	0,00		
PENDIENTE	T15	4	0,00	0,00	0,00		
PENDIENTE	T16	4	0,07	0,01	0,07		
PENDIENTE	T17	4	0,04	2,4E-03	0,04		
PENDIENTE	T18	4	0,02	0,00	0,02		
PENDIENTE	T19	4	0,07	0,01	0,08		
PENDIENTE	T2	4	0,03	0,01	0,04		
PENDIENTE	T20	4	0,06	3,9E-03	0,06		
PENDIENTE	T21	4	4,3E-03	4,5E-03	3,2E-03		
PENDIENTE	T22	4	0,06	0,01	0,07		
PENDIENTE	T3	4	0,05	0,01	0,05		
PENDIENTE	T4	4	0,07	0,01	0,06		
PENDIENTE	T5	4	0,07	0,01	0,07		
PENDIENTE	T6	4	0,09	0,01	0,09		
PENDIENTE	T7	4	0,03	0,01	0,03		
PENDIENTE	T8	4	0,05	0,01	0,05		
PENDIENTE	T9	4	0,06	0,01	0,06		

Tabla 5. Prueba comparación de medianas (pendiente de la regresión lineal).

Trat.	Ranks
T12	9,00 A
T13	9,00 A
T14	9,00 A
T15	9,00 A
T21	16,50 A B
T18	24,00 A B C
T7	27,88 A B C D
T2	31,88 A B C D E
T1	37,00 A B C D E F
T17	39,38 A B C D E F
T8	44,88 B C D E F G
T3	47,00 B C D E F G
T11	50,50 B C D E F G
T10	57,75 C D E F G H
T9	60,00 D E F G H
T20	63,63 E F G H
T22	66,38 E F G H
T4	68,88 F G H
T5	71,13 F G H
T16	72,13 F G H
T19	78,13 G H
T6	86,00 H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes

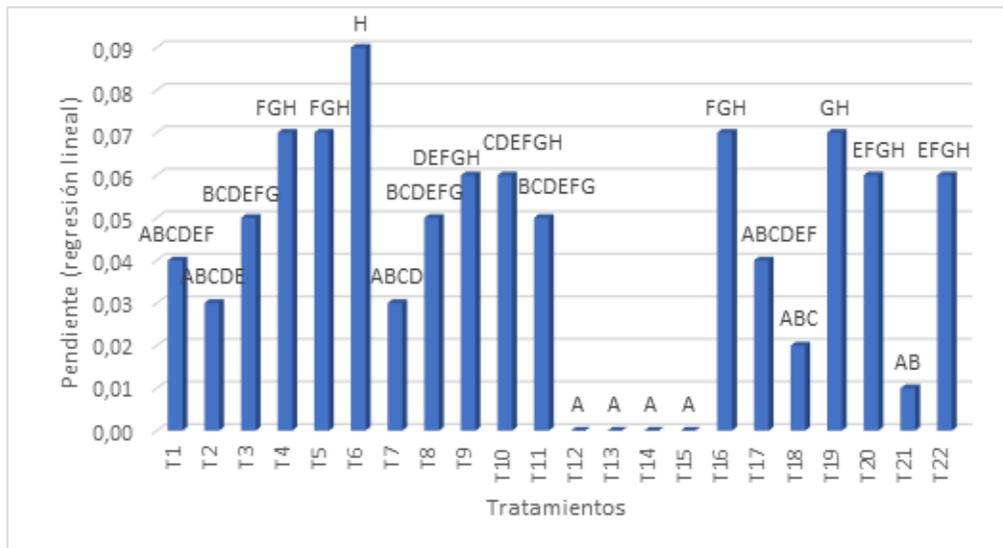


Figura 4. Datos de la pendiente de la regresión lineal.

Como se puede apreciar en la Figura 5, se obtuvieron resultados similares y significativos, con un valor de , lo que concuerda con lo señalado por (Adirano et al., 2018). Según sus hallazgos, el extracto etanólico de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) muestra una reducción en la inhibición a medida que aumenta la concentración. Todos los tratamientos mencionados en este estudio demostraron una capacidad inhibitoria en el desarrollo de *M. fijiensis*, con un rango que oscila entre el 21.0% y el 39.6%.

Además, se ha informado sobre el control de *M. fijiensis* in vitro utilizando extracto vegetal de canela (*C. verum*) a diferentes concentraciones, incluyendo 25%, 50%, 75% y 100%. Estos estudios han demostrado efectos significativos en cuanto al radio de inhibición y al desarrollo de colonias de *Pseudocercospora fijiensis*. Es relevante destacar que los efectos más notables se observaron con concentraciones de canela al 75% y 100%, lo que se atribuye a la presencia de abundantes terpenos y compuestos orgánicos, como el aldehído cinámico.

Prueba de patogenicidad

Se construyó una cámara húmeda en la cual se colocaron 7 plántulas meristemáticas de banano y un testigo, de dos meses de edad. Se procedió a limpiar las hojas seleccionadas, tanto la primera como la segunda, con alcohol al 96% para reducir la carga microbiana de las hojas. Luego, se marcaron círculos como guía en la parte cercana a la base y en la parte final de las hojas para realizar la inoculación del hongo. Esta inoculación se llevó a cabo mediante heridas realizadas con la ayuda de una jeringuilla descartable estéril (Figura 6A) en algunas hojas, mientras que en otras hojas no se realizaron heridas (Figura 6B). Posteriormente, se protegieron las zonas inoculadas con pinzas especiales y se obtuvieron datos de la prueba de patogenicidad. Estos datos indicaron que la cepa aislada de *Fusarium incarnatum* causa síntomas en las hojas de banano, lo que confirma su capacidad patogénica. Esto se puede apreciar en la Figura 7.

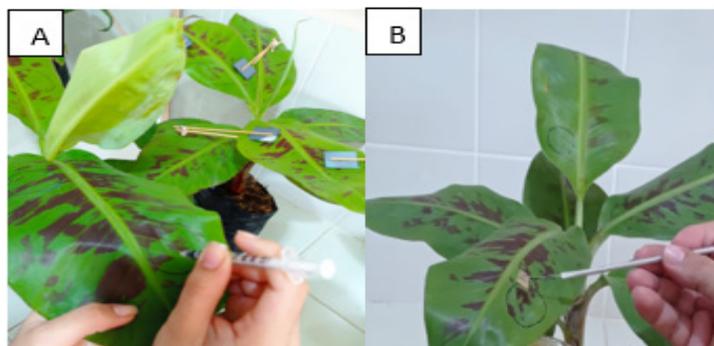


Figura 6. A) Inoculación de mersitemos con técnica de herida B) sin herida.



Figura 7. Planta inoculada.

CONCLUSIONES

Los mejores tratamientos para inhibir el crecimiento micelial de *Fusarium incarnatum* a nivel in vitro, son los extractos etanólicos de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) en todas sus dosis y el extracto etanólico de canela (*C. verum*) a 50,000 ppm.

Además, los resultados de la prueba de patogenicidad indicaron que *Fusarium incarnatum* es un hongo fitopatógeno que afecta a nivel foliar en las plántulas de banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acaro, L., & Córdova, A. (2021). Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011 - 2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo. *Dominio de Las Ciencias*, 7(3).

Acedo-Zegarra, V. J., Arana-Bardales, D. F., & Condo-Montano, A. E. (2020). Actividad antifúngica in vitro de diferentes concentraciones de Syzygium aromaticum “clavo de olor” contra Fusarium oxysporum. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable*, 4(1), 35–42.

Adirano, M. de L., Mejía, J., Ovando, I., Albores, V., & Salvador, M. (2018). Efecto de extractos alcohólicos de ajo (*Allium sativum*) y clavo (*Syzygium aromaticum*) en el desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(3), 379–393.

Córdova, Y., Quevedo, J., & Cervantes, A. (2022). Evaluación de estimulantes radiculares en el cultivo de Banano (*Musa x paradisiaca*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 80–87.

Flores, L., Solano, Y., Sanabria, M., & Hernández, D. (2017). Efectividad de los extractos vegetales de orégano silvestre (*Lippia organoides* K.) y citronela (*Cymbopogon citratus* D.C.) sobre *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera Bostrichidae). *Idesia*, 35(4), 67–74.

Guerrero, R., Risco, G., Cevallos, O., Villamar, R., & Peñaherrera, S. (2021). Extractos vegetales: una alternativa para el control de enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). *Ingeniería E Innovación*, 8(1).

Henao, E., Hernández, C., Salazar, C., Velasco, M., & Gómez, E. (2018). Identificación molecular de aislamientos de *Fusarium* asociados a maracuyá en el Valle del Cauca, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 1–10.

León, L., Arcaya, M., Barbotó, N., & Bermeo, Y. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(2), 38–46.

López, A., López, S., Vázquez, M., Rodríguez, S., Mendoza, M., & Padrón, E. (2005). Inhibición del Crecimiento Micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp. lycopersici (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Vorticillium dahliae* Kleb. Mediante Extractos Vegetales Acuados. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(2), 183–190.

Mesa, V. A. M., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J., & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 23–30.

Rey, J., & Martínez, G. (2021). Bananos (*Musa* AAA): Importancia, producción y comercio en tiempos de Covid-19. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 1035–1046.

Sánchez Romero, P. L., Jaramillo Aguilar, E. E., & García Batista, R. M. (2021). Evaluación de dosis de extracto etanólico de canela más agua ozonificada en pudrición de corona de banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 19–25.

Terrero, P., Peñaherrera, S., Bustamante, A., Cedeño, G., Solórzano, R., & Cedeño, G. (2020). Inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su relación con el rendimiento de plantas de banano (*Musa* AAA) CV. Williams. *Revista EspamCiencia*, 11(2), 80–87.

Vásquez, V., & Hurtado, A. (2021). *Control biológico de la marchitez del banano (Musa x paradisiaca L.) causada por Fusarium oxysporum f. sp. cubense utilizando bacterias del género Pseudomonas como una alternativa agrosostenible*. (Trabajo de titulación). Universidad de Cundinamarca.