



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y
Forestal Sustentable

TESIS DE MAESTRÍA

Evaluación *in vitro* de la actividad antibacteriana de extractos hidroalcohólicos de *Ricinus communis* L. y *Tagetes erecta* L. contra bacterias fitopatógenas

Para obtener el grado de Maestra en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal
Sustentable

PRESENTA

Ing. Alexandra Hernández García

Directora

Dra. Eliazar Aquino Torres

Codirector

Dra. Nallely Rivero Pérez

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., 22 de marzo 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y
Forestal Sustentable

TESIS DE MAESTRÍA

Evaluación *in vitro* de la actividad antibacteriana de extractos hidroalcohólicos de *Ricinus communis* L. y *Tagetes erecta* L. contra bacterias fitopatógenas

Para obtener el grado de Maestra en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal
Sustentable

PRESENTA

Ing. Alexandra Hernández García

Directora

Dra. Eliazar Aquino Torres

Codirector

Dra. Nallely Rivero Pérez

Asesores

Dra. Mariana Saucedo García

Dr. Alfredo Madariaga Navarrete

Dr. Adrian Zaragoza Bastida

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., 22 de marzo 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

Master's in Sciences and Technology of Agriculture and Forestry

ICAP-MCTAFS/009/2024

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E

Por este conducto se le comunica que el Comité Revisor asignado a la alumna **Alexandra Hernández García**, de la Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable, con número de cuenta **202739**, que presenta el manuscrito de tesis titulado "**Evaluación *in vitro* de la actividad antibacteriana de extractos hidroalcohólicos de *Ricinus communis* L. y *Tagetes erecta* L. contra bacterias fitopatógenas**", ha autorizado la impresión del mismo.

Sin otro particular, reitero a Usted la seguridad de mi atenta consideración.


ATENTAMENTE

"Amor, Orden y Progreso"

Tulancingo de Bravo, Hgo. a 20 de marzo del 2024.


Dr. Sergio Hernández León
Coordinador de la Maestría en
Ciencias y Tecnología Agrícola y
Forestal Sustentable




Dr. Armando Peláez Acero
Director del ICAP



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

Master's in Sciences and Technology of Agriculture and Forestry

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Evaluación in vitro de la actividad antibacteriana de extractos hidroalcohólicos de Ricinus communis L. y Tagetes erecta L. contra bacterias fitopatógenas", que desarrolla la estudiante Alexandra Hernández García.

Asistentes:

Dra. Elizazar Aquino Torres

Dra. Nallely Rivero Pérez

Dr. Alfredo Madariaga Navarrete

Dra. Mariana Saucedo García

Dr. Adrián Zaragoza Bastida

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por Alexandra Hernández García, comunicando a la estudiante, realizó oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. La estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 20 de marzo de 2024.

Dra. Elizazar Aquino Torres

Dra. Nallely Rivero Pérez

Dr. Alfredo Madariaga Navarrete

Dra. Mariana Saucedo García

Dr. Adrián Zaragoza Bastida



Handwritten signatures of the committee members over horizontal lines.

Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda Aquetzalpa
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600
Teléfono: 771 71 72000 ext 2430
maestria_agricola_forestal@uaeh.edu.mx



Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología (CONAHCYT) por la beca otorgada No. De CVU 1181168

Índice General

Resumen.....	1
Abstract	2
1. Introducción.....	3
2. Antecedentes.....	8
2.3. <i>Ricinus communis</i> L.....	8
2.3.1. Descripción de morfológica <i>R. communis</i>	8
2.3.2. Clasificaron taxonómica <i>R. communis</i>	8
2.3.3. Usos agrícolas <i>R. communis</i>	8
2.3.4. Actividad antibacteriana <i>R. communis</i>	9
2.3.5. Efecto alelopático de <i>R. communis</i>	10
2.4 <i>Tagetes erecta</i> L.	10
2.4.1. Descripción morfológica <i>T. erecta</i>	11
2.4.2. Clasificaron taxonómica <i>T. erecta</i>	11
2.4.3. Usos agrícolas <i>T. erecta</i>	11
2.4.4. Actividad antibacteriana <i>T. erecta</i>	11
2.4.5 Efecto alelopático de <i>T. erecta</i>	12
3. Justificación	13
4. Objetivo.....	14
4.1. Objetivo general	14
4.2. Objetivos específicos.....	14
5. Hipótesis.....	15
5.1. Hipótesis alternativa.....	15
5.2. Hipótesis nula.....	15
6. Materiales y Métodos.....	16
6.1 Obtención del Extracto	16

6.1.1. Colecta e identificación del material vegetal.....	16
6.1.2. Técnica de extracción.....	16
6.1.3. Prueba de solubilidad y esterilidad.....	17
6.2. Actividad antibacteriana.....	17
6.2.1. Cepas bacterianas.....	17
6.2.3. Concentración Mínima Inhibitoria.....	17
6.2.4. Concentración Mínima Bactericida.....	18
6.3. Cromatografía liquido-liquido.....	18
6.4. Efecto alelopático.....	19
6.5. Determinación cualitativa de compuestos.....	19
6.6 Determinación cuantitativa fenoles.....	21
6.7 Actividad antioxidante.....	22
6.8 Análisis Estadístico.....	22
7. Resultados.....	23
7.1 Obtención del extracto.....	23
7.1.1. Identificación de material vegetal.....	23
7.1.2. Rendimiento del extracto.....	23
7.1.1. Prueba de solubilidad y esterilidad.....	23
7.2 Actividad antibacteriana.....	23
7.2.1. Reactivación de las cepas bacterianas.....	23
7.2.2. Concentración Mínima Inhibitoria.....	24
7.2.3. Concentración Mínima Bactericida.....	25
7.3 Cromatografía liquido-liquido.....	26
7.4. Efecto alelopático.....	27
7.5. Determinación cualitativa de compuestos.....	28
7.6. Determinación cuantitativa de compuestos.....	29

7.6.1. Determinación de fenoles totales y flavonoides	29
7.7. Determinación de la actividad antioxidante	29
8. Discusión	30
9. Conclusión.....	36
10. Perspectiva.....	37
11. Referencias.....	38

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>R. communis</i>	8
Tabla 2. Actividad antibacteriana de <i>R. communis</i> y algunos compuestos aislados y evaluados contra bacterias	9
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>T. erecta</i>	11
Tabla 4. Actividad antibacteriana de <i>T. erecta</i> y sus metabolitos secundarios.....	12
Tabla 5. Rendimiento de los extractos hidroalcohólicos de <i>R. communis</i> y <i>T. erecta</i>	23
Tabla 6. Concentración Mínima Inhibitoria de los extractos hidroalcohólicos de <i>R. communis</i> y <i>T. erecta</i> sobre bacterias fitopatógenas (mg/mL)	24
Tabla 7. Concentración Mínima Bactericida de los extractos hidroalcohólicos de <i>R. communis</i> y <i>T. erecta</i> sobre bacterias fitopatógenas (mg/mL)	25
Tabla 8. Concentración Mínima Inhibitoria del fraccionamiento del extracto hidroalcohólico de <i>R. communis</i> hoja (mg/mL).....	26
Tabla 9. Concentración Mínima Bactericida del fraccionamiento del extracto hidroalcohólico de <i>R. communis</i> hoja (mg/mL).....	27
Tabla 10. Concentración efectiva de 25, 50, 90 del extracto hidroalcohólico de <i>R. communis</i> hoja en la inhibición de la germinación de semillas <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> y <i>Cucurbita pepo</i>	28
Tabla 11. Fitoquímicos identificados en el extracto de hidroalcohólico de <i>R. communis</i> hoja.....	28
Tabla 12. Contenido de fenoles totales y flavonoides.....	29

Abreviaturas

CMI: Concentración Mínima Inhibitoria

CMB: Concentración Mínima Bactericida

CI₅₀: Concentración Media Inhibitoria

Resumen

Las enfermedades ocasionadas por bacterias fitopatógenas en la agricultura causan grandes pérdidas económicas en la producción de cultivos, los productos químicos son los métodos de control más usados, sin embargo, el uso inadecuado de estos productos genera daños ambientales, debido a esto se buscan alternativas que sean eficaces y amigables con el medio ambiente en el control de enfermedades fitopatógenas. El objetivo de este presente trabajo fue evaluar la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos hidroalcohólicos de *Ricinus communis* y *Tagetes erecta*. Se realizaron extractos hidroalcohólicos, a partir de tejidos como hoja y flor de *R. communis* y *T. erecta* por la técnica de maceración. La actividad antibacteriana se determinó por medio de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB), así mismo se evaluó el efecto alelopático con el ensayo de germinación, el contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu, flavonoides totales por la técnica colorimétrica de cloruro de aluminio y la actividad antioxidante por el método de DPPH al extracto que mostró una CMB más baja contra las bacterias evaluadas. Los resultados obtenidos indicaron que los cuatro extractos evaluados tienen efecto bactericida, sin embargo, el extracto que mostró una CMB más baja fue el extracto de *R. communis* hoja (0.39 mg/ml) contra *X. campestris*, siendo este extracto al que se le determinó el efecto alelopático, el contenido de fenoles totales, el contenido de flavonoides totales determinando un contenido de fenoles totales de 168.8 mg EAG g⁻¹ extracto y flavonoides totales de 214 mg EQ g⁻¹ extracto seco y la actividad antioxidante aproximadamente de 28.34 µg/mL. En conclusión, los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* pueden ser una alternativa para el control de bacterias fitopatógenas ya que su efecto es bactericida.

Palabras clave: Extractos hidroalcohólicos, *Ricinus communis*, *Tagetes erecta*, Actividad antibacteriana, tamiz fitoquímico, actividad antioxidante, efecto alelopático.

Abstract

Diseases caused by phytopathogenic bacteria in agriculture cause great economic losses in crop production, chemical products are the most used control methods, however, the improper use of these products generates environmental damage, because of this, alternatives that are effective and environmentally friendly in the control of phytopathogenic diseases are sought. The aim of this study was to evaluate the in vitro antibacterial activity of hydroalcoholic extracts of *Ricinus communis* and *Tagetes erecta*. Hydroalcoholic extracts were made from tissues such as the leaf and flower of *R. communis* and *T. erecta* by the maceration technique. The antibacterial activity was determined by means of the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and the Minimum Bactericidal Concentration (MBC), as well as the allelopathic effect with the germination assay, the content of total phenols by the Folin-Ciocalteu method, total flavonoids by the colorimetric technique of aluminum chloride and the antioxidant activity by the DPPH method to the extract that showed a lower MBC against the bacteria evaluated. The results obtained indicated that the four extracted have a bactericidal effect, however, the extract that showed a lower MBC was the extract of *R. communis* leaf (0.39 mg/ml) against *X. campestris*, being this extract to which the allelopathic effect, the content of total phenols, the content of total flavonoids were determined, determining a content of total phenols of 168.8 mg EAG g⁻¹ dry extract and total flavonoids of 214 mg EQ g⁻¹ dry extract and antioxidant activity of approximately 28.34 µg/mL. In conclusion, hydroalcoholic extracts of *R. communis* and *T. erecta* may be an alternative for the control of phytopathogenic bacteria since their effect is bactericidal.

Keywords: Hydroalcoholic extracts, *Ricinus communis*, *Tagetes erecta*, Antibacterial activity, phytoquimic screening, antioxidant activity, allelopathic effect.

1. Introducción

Los extractos vegetales son una mezcla compleja de sustancias producidas por las plantas (Chu et al., 2017) que se obtienen a partir de sus órganos, como hojas, flores, tallos, raíces y frutos. La utilidad de los extractos se enfoca por la presencia de compuestos activos, los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas (Celis et al., 2008). Para su extracción se utilizan diversos métodos como la infusión, maceración o destilación, entre otros (Soto y Rosales, 2016).

Las plantas realizan un conjunto de reacciones químicas conocido como “metabolismo”. Este proceso se divide en dos tipos: El metabolismo primario, implicado con las funciones esenciales y fundamentales para la vida celular de las plantas, y el metabolismo secundario, que se encarga de producir y almacenar compuestos para las funciones complementarias de supervivencia de la planta frente a los factores bióticos y abióticos, tales como la defensa contra depredadores y patógenos y la adaptación ante el estrés ambiental (Azcón-Bieto y Talón, 2003; Lustre, 2022).

A partir del proceso de metabolismo secundario los compuestos que se generan son conocidos como metabolitos secundarios o fitoquímicos. Estos productos se sintetizan en pequeñas cantidades y su producción está restringida a un determinado género de plantas, familia o especie. Su biosíntesis natural depende de la fisiología y la fase de desarrollo de la planta (Gil-Chávez et al., 2013). En función de su origen biosintético, estos metabolitos se clasifican como terpenoides, fenoles y alcaloides (Havlíček y Spížek, 2014).

Los terpenos son compuestos químicos orgánicos que se encuentran en una amplia variedad de plantas, son responsables de los aromas y sabores de muchas plantas y son utilizados en la industria de la perfumería y la alimentación. La característica principal de su composición es la presencia de carbono e hidrogeno, y su estructura consiste en unidades de isopreno (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Dentro de sus funciones principales en las plantas como pigmentos fotosintéticos (carotenoides), reguladores de crecimiento y desarrollo (fitohormonas), en la

glicosilación de proteínas o como elementos estructurales y funcionales de la membrana celular, están implicados en la protección contra el estrés abiótico e interacciones bióticas (González et al., 2018).

Los compuestos fenólicos también conocidos como fenoles o polifenoles son una clase amplia de compuestos químicos que se caracterizan por sus propiedades antioxidantes y tienen varias aplicaciones y beneficios en la agricultura, tanto en la protección de las plantas como en la mejora de la calidad de los cultivos o protección contra patógenos (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

En la planta, los compuestos fenólicos ayudan en el crecimiento, reproducción de las plantas, y como agentes protectores frente a patógenos, siendo producidos como mecanismo de defensa (Martínez-Valverde et al., 2000).

Los alcaloides son compuestos químicos y biológicamente muy heterogéneos. Se utilizan en la agricultura como alternativa de repelente contra herbívoros y microorganismos (Zamora-Natera et al., 2008).

En este sentido, las plantas son fuente amplia de una amplia variedad de metabolitos secundarios. Se han identificado 50,000 compuestos hasta la fecha (Lustre, 2022). Destacan por su producción de metabolitos secundarios las plantas de la familia Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Rutaceae y las Euphorbiaceae, de las cuales algunas producen compuestos con propiedades de interés medicinal, alimentario, industrial y agrícola. Las Asteraceae y Euphorbiaceae, en particular, son conocidas por producir una variedad de metabolitos secundarios (Spínola y Castilho, 2017; Hernández-Pérez et al., 2022).

R. communis L. es una planta exótica originaria de África, de la familia Euphorbiaceae (Steinmann, 2002). En esta planta se han identificado flavonoides y alcaloides que se encuentran en las semillas, hojas y frutos. Estas sustancias tienen propiedades insecticidas (Ramos-López et al., 2010), antibacteriana y antifúngica (Abd-Ulgadir et al., 2015).

T. erecta L. es una planta nativa de México, pertenece a la familia de las Asteráceas (Rodríguez-Acosta et al., 2010; Villavicencio-Nieto et al., 2010). En hojas y flores se

han identificado más de 50 metabolitos secundarios (Burlec et al., 2021) que incluyen compuestos fenólicos como ácido gálico, ferúlico, sinápico y flavonoides como quercetina y rutina (Kaisoon et al., 2011; Devika y Koilpillai, 2015), mostrando actividad antifúngica (Du et al., 2017), antioxidante (Huang et al., 2022) y antibacteriana (Zaher et al., 2023).

Adicionalmente, en la agricultura, los metabolitos secundarios de algunos extractos vegetales tienen aplicación en el control de organismos fitopatógenos, como las bacterias, ya que se aprovecha la naturaleza de sus funciones en la planta productora que permite la defensa química contra otros organismos del medio que la rodea, y tiene potencial para convertirse en una nueva generación de bioproductos para su uso agrícola (Godlewska et al., 2021).

Algunas bacterias fitopatógenas como los géneros *Clavibacter*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, causan graves pérdidas en la producción de hortalizas de importancia comercial durante el crecimiento de las plantas, maduración en campo y en postcosecha.

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* es una bacteria causante del cancro bacteriano en jitomate, provoca el manchado de hojas, tallos y frutos, así como marchitez del follaje, las manchas son rodeadas de un halo blanco, similar a un ojo de pájaro. En etapas avanzadas la planta se marchita y colapsa, los daños que pueden causar la reducción de la cantidad y calidad del producto teniendo un efecto devastador, actualmente es una de las enfermedades más temidas y destructivas en este cultivo (Balestra et al., 2009).

Pseudomonas syringae pv. *tomato* es causante de la peca bacteriana en jitomate, afectando cualquier parte de la planta. En las hojas se forman manchas pequeñas más o menos circulares de color café claro o negro y generalmente se encuentran rodeadas de un halo amarillento pequeño en las primeras etapas y más notorio conforme avanza la enfermedad. Esta bacteria es capaz de reducir notablemente la calidad de la producción provocando deformación en frutos y la caída de las flores reduciendo las cosechas hasta un 75 % (Preston, 2000; Rodríguez, 2010).

Xanthomonas campestris es causante de la mancha bacteriana, causa la pudrición negra o mancha en “V” en *Brassicaceae*, *cucurbitaceae* y *Solanaceae* como el repollo, mostaza blanca, calabaza, pepino, jitomate y pimiento, reduciendo su producción en un 50 % (Carrillo-Fasio et al., 2001).

La epidemiología de estas bacterias fitopatógenas es que se transmite por semillas que se contamina durante la extracción. El inóculo se puede encontrar tanto en el interior como exterior de la semilla o en suelos y puede sobrevivir por largos periodos de tiempo y en lugares con una humedad relativa superior al 80 % y temperaturas entre los 26–32 °C (Navarrete-Maya et al., 2014).

Algunas medidas que se utilizan para control de estas enfermedades es la integración de prácticas culturales, control químico (Esquivel-Cervantes et al., 2022) y uso de variedades resistentes, semillas libres de patógenos.

Aunque si la enfermedad se encuentra en estado avanzado se puede recurrir al uso de productos químicos, actualmente, se comercializan bactericidas con diferentes ingredientes activos a diferentes concentraciones entre los que destacan los derivados de cobre y antibióticos de los cuales podemos encontrar Kanamicina a 0.308 mg/mL, Estreptomocina a 0.115 mg/mL, Gentamicina a 0.049 mg/mL, Clorohidrato de oxitetraciclina a 0.029 mg/mL, sin embargo, el uso repetitivo de estos productos puede inducir la tolerancia (Griffin et al., 2017) o resistencia de las bacterias fitopatógenas (Morales-Ubaldo et al., 2021).

Frente a esta situación, la investigación científica está orientada a la búsqueda de compuestos activos efectivos contra los patógenos y a la vez más amigables con el medio ambiente, el ser humano y que no generen resistencia entre los microorganismos. Una de las alternativas son los metabolitos secundarios de extractos vegetales con características bactericidas, biodegradables y asequibles, que aprovechen las mismas características adaptativas de defensa de las plantas.

Los productos vegetales pueden utilizarse en diversas formas: a) Estado natural: entero, fragmentos, polvos o como infusión, productos de decocción, macerados, o b) preparados (extractos, tinturas) que sean más fáciles de usar y de bajo costo (Suteu et al., 2020).

Para usar los extractos vegetales en el control de plagas o microorganismos fitopatógenos, se requiere una serie de estudios para conocer si tiene un efecto negativo en los cultivos en los que se desea aplicar, ya que puede presentarse un efecto alelopático.

La actividad alelopática es un fenómeno que se debe a la liberación de metabolitos secundarios producidos por las plantas (Blanco, 2006) que tienen efectos perjudiciales o benéficos sobre otros organismos (Acciaresi y Asenjo, 2003). Los metabolitos secundarios son capaces de inhibir la germinación de especies competitivas. Para evaluar el efecto alelopático de un extracto vegetal se realizan ensayos de germinación, que consisten en determinar el porcentaje de germinación (Carvalho et al., 2022).

En este trabajo se realizó la evaluación de la actividad antibacteriana, el efecto alelopático y actividad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* L. y *T. erecta* L., así como la determinación del contenido de algunos compuestos.

2. Antecedentes

2.3. *Ricinus communis* L.

R. communis es una planta exótica originaria del África, conocida como higuera, se encuentra ampliamente distribuida en México, predominantemente en las regiones áridas y semiáridas, se puede encontrar al lado de carreteras y en terrenos baldíos (Salihu et al., 2014).

2.3.1. Descripción de morfológica *R. communis*

R. communis es una planta herbácea alta, arbustiva hasta de 6 m de alto, tallo engrosado, peciolo largo, de hojas grandes palmadas y lobuladas, de flores masculinas pequeñas en panículas terminales de 6-12 mm y flores femeninas en la punta, el fruto ovoide de 4-8 mm (Rodríguez-Acosta et al., 2010; Raya-Pérez et al., 2016).

2.3.2. Clasificación taxonómica *R. communis*

R. communis pertenece a la familia Euphorbiaceae, y su clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *R. communis*

Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Genero	<i>Ricinus</i>
Especie	<i>Ricinus communis</i> L.

2.3.3. Usos agrícolas *R. communis*

El uso de *R. communis* en la agricultura ha sido reportado por varios investigadores, esta planta se ha usado para el control de plagas y enfermedades en los cultivos por los metabolitos secundarios que hay en ella. Además, se utiliza para la protección de

las riberas de los ríos y en pendientes (Raya-Pérez et al., 2016; Rodríguez-Acosta et al., 2010).

Con relación al estudio de los metabolitos secundarios de *R. communis*, presentan sustancias químicas con efectos nematocidas, ya que los extractos cetónicos de *R. communis* mostraron efecto nematocida entre 73 % y 89 % sobre *Radopholus similis* a concentraciones del 100 % (Arboleda et al., 2012).

Guevara et al., (2015) evaluaron la actividad insecticida sobre *Bemisia tabaci* (mosca blanca) de hojas jóvenes y maduras de *R. communis* en diferentes concentraciones (30, 20 y 10 % v: v), determinando que los extractos de hojas jóvenes de *R. communis* a concentraciones de 10 y 15 % mostró los mejores resultados de mortalidad de 82.4 y 79.8 % respectivamente a las 120 h en comparación de los extractos de hojas maduras.

2.3.4. Actividad antibacteriana *R. communis*

Los extractos acuosos e hidroalcohólicos de *R. communis* muestra actividad antibacteriana contra cepas bacterianas patógenas como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Actividad antibacteriana de *R. communis* y algunos compuestos aislados y evaluados contra bacterias

Planta	Órgano de la planta	solvente	Metabolitos secundarios	Patógenos Evaluados	Autor
<i>R. communis</i>	Hoja	Agua Metanol	Terpenoides: Esteroides, Glucosidos cardiotónicos Fenol: taninos Flavonoides	<i>Escherichia coli</i> (Gram-positiva) <i>Bacillus subtilis</i> (Gram-negativa)	Vandita, P. et al., 2013
		Metanol	Terpenoides: Saponinas Fenol: taninos Flavonoides	<i>E.coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Candida albicans</i>	(Suurbaar et al., 2017)

		Alcaloides	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Etanol:	Terpenoides:	-		(Maldonado
Agua	Esteroides y			Santoyo y
90:10	Saponinas			Morales,
Metanol	Fenol: Tanino			2022)
	Flavonoides:			
	quercetina			
	miricetina			
	kaempferol			

2.3.5. Efecto alelopático de *R. communis*

El efecto alelopático de *R. communis* se conoce muy poco, Islam y Kato-Noguchi (2013) determinaron el extracto acuoso y metanólico de *R. communis* inhiben la germinación en berro, lechuga, alfalfa y pastos de corral en concentraciones 30, 100 y 300 mg/mL.

2.4 *Tagetes erecta* L.

T. erecta, es una planta nativa de México, conocida como cempasúchil, se presenta en estado silvestre. En México esta planta se cultiva principalmente en 20 municipios distribuidos en los estados de Puebla, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca y San Luis Potosí. Puebla es el principal productor con un 77 % de la producción nacional; anualmente se cosechan alrededor de mil 900 hectáreas de cempasúchil en México, con una producción media de más de 15 mil toneladas al año (SAGARPA, 2018).

T. erecta L. es una planta utilizada desde la antigüedad con diferentes propósitos en la medicina y la agricultura. Las hojas son utilizadas como agente antiséptico, para los trastornos de los riñones y los dolores musculares. Las flores se usan en procesos febriles, problemas epilépticos, estomacales, trastornos en el hígado, para eliminar la sarna y también en tratamiento de enfermedades oculares (Camacho-Campos et al., 2019). Así mismo se usa para curar heridas, contra inflamaciones, combate el empacho, y se utiliza como laxante (Rodríguez-Acosta et al., 2010).

2.4.1. Descripción morfológica *T. erecta*

T. erecta es una planta herbácea anual, que puede medir entre los 50 o 120 cm, tiene hojas pinadas de casi 20 cm con 11-17 foliolos angostos y dentados, con flores de color amarillo, naranja o rojo agrupadas en inflorescencias solitarias (Rodríguez-Acosta et al., 2010).

2.4.2. Clasificación taxonómica *T. erecta*

T. erecta es una especie de la familia Asteraceae.; en el estado de Hidalgo se pueden encontrar ocho especies de *Tagetes*, en las cuales se encuentra *T. erecta* (Villavicencio-Nieto et al., 2010).

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *T. erecta*

Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Genero	Tagetes
Especie	<i>Tagetes erecta</i> L.

2.4.3. Usos agrícolas *T. erecta*

El extracto de hojas de *T. erecta* mostró inhibición del crecimiento micelial de *A. porri*, *A. solani*, *C. fulvum* y *C. beticola* en condiciones *in vitro* (Pupo et al., 2007).

2.4.4. Actividad antibacteriana *T. erecta*

Los tipos de metabolitos secundarios encontrados en extractos de hojas y flores de *T. erecta* muestran gran versatilidad para su uso en la medicina humana y animal, debido a la presencia de flavonoides, terpenoides y taninos que han sido referidos como agentes terapéuticos con diversas propiedades biológicas Tabla 4 (Camacho-Campos et al., 2019).

Tabla 4. Actividad antibacteriana de *T. erecta* y sus metabolitos secundarios

Planta	Órgano de la planta	solvente	Metabolitos secundarios	Patógenos Evaluados	Autor
<i>T. erecta</i>	Hoja	Etanol: agua 90:10	Terpenoides: Glucósidos cardiotónicos Fenol: Taninos, Cumarinas Flavonoides	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>E. coli</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Camacho-Campos et al., 2019

2.4.5 Efecto alelopático de *T. erecta*

Según Camacho-Campos et al., 2019 *T. erecta* contiene entre sus metabolitos secundarios: flavonoides, terpenoides, antocianinas, taninos, antraquinonas, glucósidos cardiotónicos, flabataninos, esteroides, cumarinas y emodinas.

3. Justificación

Actualmente la agricultura moderna es caracterizada por el uso excesivo de agroquímicos provocando una sucesión de problemas de tipo económico, social y ambiental.

Los microorganismos fitopatógenos son algunos de los responsables de las pérdidas económicas durante el crecimiento de las plantas, desarrollo, maduración en campo y el manejo postcosecha, lo que disminuye su producción y calidad por lo que su control es muy importante en la producción agrícola.

El principal método para el control de bacterias fitopatógenas en los cultivos es el control químico; sin embargo, el uso inadecuado en cantidad y del modo de exposición de estos productos, han generado problemas de salud pública, y que impactan negativamente al medio ambiente, contaminando el agua, suelo y atmósfera. Además, las bacterias fitopatógenas generan resistencia a los antibióticos comerciales, por esto se requieren nuevas alternativas con menor impacto ambiental.

En los últimos años se han reportado diversos extractos vegetales que tienen actividad antimicrobiana debido a la presencia de compuestos fitoquímicos, esta actividad ha sido comparable a los productos químicos sintéticos que se utilizan para el control de las bacterias fitopatógenas, y ofrecen una alternativa en el control de bacterias fitopatógenas.

La aplicación de extractos vegetales para el control de organismos fitopatógenos se puede realizar directamente en plantas y semillas, sin embargo, al contener una diversidad de compuestos químicos, se requiere el estudio del efecto alelopático para conocer si hay un efecto negativo.

Por tanto, en este trabajo se evaluó la actividad antibacteriana de extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* actividad antioxidante y el efecto alelopático en semillas de *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo*, que permitirá proponer la utilización de los extractos vegetales en un futuro como productos para el control de bacterias fitopatógenas, siendo una alternativa que podría sustituir a los productos químicos.

4. Objetivo

4.1. Objetivo general

Evaluar la actividad antibacteriana contra organismos fitopatógenas, así como el efecto alelopático *in vitro* de extractos hidroalcohólicos de *R. communis* L. y *T. erecta* L. sobre semillas de interés agrícola para relacionarlo con el análisis cualitativo y cuantitativo de metabolitos secundarios en los extractos.

4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* contra *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* y *Xanthomonas campestris*.
2. Evaluar la actividad antibacteriana de las fracciones obtenidas a partir del extracto con mejor actividad.
3. Evaluar efecto alelopático *in vitro* del extracto con mejor actividad antibacteriana, en la germinación de semillas de *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo*.
4. Determinar el contenido de algunos metabolitos secundarios y la capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico con la mejor actividad antibacteriana.

5. Hipótesis

5.1. Hipótesis alternativa

Los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* contienen metabolitos secundarios que presentan actividad antibacteriana.

5.2. Hipótesis nula

Los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* contienen metabolitos secundarios que no presentan actividad antibacteriana.

6. Materiales y Métodos

6.1 Obtención del Extracto

6.1.1. Colecta e identificación del material vegetal

Se recolectó *R. communis* en el municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo 20° 3' 3" Lat. N, 98° 22' 29" Long. O en el mes de diciembre del 2022 y para *T. erecta* se realizó la colecta en el municipio de Tezontepec de Aldama, Hidalgo 20° 9' 7.074" Lat. N, 99° 19' 27.9006" Long. O en el mes de mayo del 2022. La identificación de las plantas se consultó en el herbario del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

6.1.2. Técnica de extracción

Para la obtención del extracto se realizó con la metodología reportada por Rivero-Pérez et al. 2019. Las plantas colectadas de *R. communis* y *T. erecta* fueron lavadas con agua corriente y destilada. Se separaron por hojas y flores y después se secaron extendidas en papel a temperatura ambiente por siete días y luego en estufa de secado a temperatura de 45 °C por 24 h, hasta lograr un peso seco constante. El tejido se trituró en un molino eléctrico.

Para la obtención de extracto se utilizó la técnica de maceración utilizando 100 g de material vegetal de *R. communis* flor, *R. communis* hoja, *T. erecta* flor y *T. erecta* hoja en solución hidroalcohólica Agua:MeOH (70:30 v/v), a temperatura ambiente en ausencia de luz durante 48 h. Transcurrido el tiempo de maceración, el extracto líquido se filtró mediante papel filtro (Whatman ® 42) dos veces con la finalidad de eliminar la mayor parte posible del material vegetal. El líquido residual obtenido se concentró en un rotavapor a presión reducida (Büchi R-250, Flawil, Switzerland). El extracto resultante fue conservado en refrigeración hasta su posterior evaluación.

La determinación del rendimiento de cada uno de los extractos se calculó de acuerdo Mesa-Vanegas et al., (2015) utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento del extracto} = \frac{\text{Peso del extracto seco}}{\text{Peso de material vegetal seco}} 100$$

6.1.3. Prueba de solubilidad y esterilidad

Previo a la evaluación de los extractos se determinó la solubilidad de estos. Para ello se pesaron 20 mg de cada extracto en viales estériles y se mezclaron con 1 mL de caldo nutritivo estéril (BD Bioxon), Metanol al 10 % y Dimetil Sulfoxido (DMSO) 15 %, hasta la completa solubilización de la muestra, una vez determinado el tipo de solvente adecuado para el extracto se realizó prueba de esterilidad, donde se tomaron 10 µL de cada solución y se inocularon en agar Mueller Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany) y posteriormente se incubaron a 26 °C durante 24 h.

6.2. Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana se determinó mediante la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) de acuerdo con las especificaciones de CLSI (2012) y a lo publicado por (Zaragoza-Bastida et al., 2020).

6.2.1. Cepas bacterianas

Se utilizaron cepas de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* donadas por el laboratorio de Bacteriología del Área de Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) de la UAEH, las cuales fueron mantenidas en crioconservación a -70 °C.

Las cepas *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* fueron reactivadas en Agar Müller Hinton (BD Bioxon, Heidelberg, Germany), por medio de la técnica de estriado simple con la finalidad de obtener colonias aisladas. Se llevaron a incubación a 26 °C durante 24 h y posteriormente se corroboró su morfología y pureza de las cepas por medio de la tinción de Gram.

Una vez confirmada la morfología y pureza de cada bacteria, estas fueron inoculadas en caldo nutritivo (BD Bioxon), el cual fue incubado en agitación constante a (70 rpm) a 26 °C por 24 h. Transcurrido este tiempo, el inóculo se ajustó con caldo nutritivo al 0.5 del patrón de turbidez de McFarland (Remel, R20421, Lenexa. KS, USA), que corresponde a 150×10^6 UFC/mL.

6.2.3. Concentración Mínima Inhibitoria

Para determinar de CMI se utilizó el método de microdilución en placa, las concentraciones: 2.73, 5.46, 10.93, 21.87, 43.7, 87.5, 175 y 350 mg/mL, las evaluaciones

se realizaron por triplicado, se colocaron 100 μ L de cada una de las diluciones más 10 μ L de suspensión de células bacterianas previamente ajustada a 0.5 de McFarland. Una vez realizada la inoculación la placa se incubó a 26 °C durante 24 h a 70 rpm en agitación constante. El control positivo fue Kanamicina a concentraciones de 1, 2.0, 4.0, 8.0, 16, 32, 64 y 128 μ g/mL, y como control negativo se utilizó caldo nutritivo estéril.

Para determinar el punto final de la CMI se empleó un método colorimétrico basado en el uso de sales de tetrazolium (Sigma-Aldrich18377). Una vez transcurrido el tiempo de incubación se agregaron 20 μ L de una solución al 0.04 % (w/v) de *p*-iodonitrotetrazolium en cada pozo, la placa se incubó a 26 °C por 30 min y se realizó la lectura, determinando la CMI como aquella concentración a la cual la solución viró a rosa.

6.2.4. Concentración Mínima Bactericida

Para determinar la CMB, previamente a la adición del *p*-iodonitrotetrazolium, se tomaron 5 μ L de muestra de cada pozo y fueron inoculados en agar Mueller Hinton (DIBICO). Las cajas se incubaron a 26 °C durante 24 h trascurrido ese tiempo de incubación se verificó el crecimiento de las bacterias y se determinó la CMB aquella concentración a la cual no se observó crecimiento bacteriano (Kaewpiboon et al., 2012).

Para determinar el efecto antibacteriano se dividió la CMB y CMI si el resultado es mayor que cuatro (<4) el efecto es bacteriostático y si es menor o igual a cuatro (\geq 4) el efecto es bactericida (Rangel et al., 2020).

6.3. Cromatografía líquido-líquido

El extracto que presentó una mejor actividad antibacteriana en referencia a la concentración más baja obtenida de los ensayos de CMB se sometió a una bipartición mediante la técnica de cromatografía líquido-líquido. El extracto se disolvió en agua destilada. Por cada gramo de extracto se agregaron 10 mL de agua, una vez disuelto, este se mezcló con acetato de etilo (AcOEt) en una relación Agua:AcOEt (2:6), con la finalidad de obtener dos fracciones: la fracción acuosa y la fracción orgánica (fracción de AcOEt).

El solvente de ambas fracciones se evaporó y se recuperó mediante destilación a presión reducida (Büchi R-300, Flawil, Switzerland), ambas fracciones fueron sometidas a evaluación de actividad antibacteriana.

6.4. Efecto alelopático

Se evaluó el efecto alelopático de acuerdo con la metodología descrita por (Saddiqe et al., 2020) del extracto con mejor actividad antibacteriana.

Se realizó un ensayo *in vitro* en germinación de semillas de jitomate, col y calabaza. Las semillas se desinfectaron superficialmente en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1 % durante 3 min, seguido de tres lavados con abundante agua destilada estéril durante 10 min antes de su uso. Posteriormente, se colocaron las semillas esterilizadas dentro de una placa petri con una capa de papel filtro estéril humedecido con 5 mL de cada extracto en diferentes concentraciones 0, 0.46, 0.93, 1.87, 3.75, 7.5, 15, 30 y 60 mg/mL. Posteriormente, se incubaron a temperatura de 25 ± 2 °C por 8 días. Se calculó el porcentaje de germinación de semillas para determinar la concentración efectiva media (CE₅₀). Se hicieron recuentos diarios, por un periodo de 8 días y se eliminaron las semillas germinadas; se consideraron germinadas las semillas que presentaron raíz primaria igual o mayor de 2,0 mm.

6.5. Determinación cualitativa de compuestos

Se realizó una prueba de tamiz fitoquímico para determinar cualitativamente compuestos como: fenoles, quinonas, saponina, taninos condensados y compuestos fenólicos, de acuerdo con la metodología descrita por (Chigodi et al., 2013; Bermejo de Zaa et al., 2014; Duenas-Deyá et al., 2020; Surco-Laos et al., 2022; Morales-Ventura, 2022). Para el análisis de los resultados cualitativos se utilizó un sistema de cruces, para especificar la presencia o ausencia de los compuestos.

6.5.1. Determinación de flavonoides por ensayo de Shinoda

Este ensayo permite reconocer la presencia de flavonoides en un extracto vegetal, el ensayo se considera positivo cuando el alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, carmelita o rojo intenso en todos los casos. En un tubo de ensayo con 5 mg de extracto seco, se añadió ácido clorhídrico (HCl) concentrado, más trozos de cinta

de magnesio, después de la reacción se agregó etanol isoamílico, dejándolo reposar hasta la separación de fases.

6.5.2. Determinación de quinonas por ensayo de Borntrager

Para la determinación de quinonas se utilizó 5 mg extracto el cual se disolvió en 1 mL cloroformo, posteriormente se agregó 1 mL de hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH) se agitó mezclando las fases y se mantuvo en reposo hasta su separación, si la fase acuosa es alcalina (superior) se colorea de rosado a rojo, el ensayo se considera positivo (+), coloración rosada (++), coloración roja (+++).

6.5.3. Determinación de las saponinas

Las saponinas se determinaron mediante el ensayo de espuma, se mezcló 5 mg de extracto hidroalcohólico con 25 mL de agua destilada (1:5) en un tubo de ensayo, se tapó y agitó durante 5-10 min. La formación de espuma de 2 mm de espesor como mínimo y una duración por más de 2 minutos indica la presencia de saponinas.

6.5.4. Determinación de terpenoides

Para la identificación de terpenoides se realizó la prueba de Salkowski, para lo cual se tomaron 5 mL del extracto hidroalcohólico y se le agregaron 2 mL de cloroformo y 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Una coloración marrón rojiza es formada en la interface como señal de la presencia de terpenoides.

6.5.5. Determinación de taninos hidrolizables y condensados

La determinación de los taninos se realizó por la reacción del cloruro férrico (FeCl_3), para ello se mezcló en un tubo de ensayo 5 mg de extracto seco, se añadió 1 mL de agua destilada y dos gotas de FeCl_3 al 2 %. La aparición de una coloración azul indica que se trata de taninos y coloración verde presencia de taninos condensados.

6.5.6. Determinación de compuestos fenólicos

Para la determinación de compuestos fenólicos, se pesaron 5 mg de extracto seco, y se adiciono 1 mL de etanol al 96 %, más tres gotas de FeCl_3 en etanol. La aparición de una coloración verdosa corresponde a una reacción positiva.

6.6 Determinación cuantitativa fenoles

6.6.1 Determinación de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu

Para la determinación del contenido de fenoles, se realizó la preparación de la muestra, de la cual se pesaron 100 mg de extracto y se diluyeron en 50 mL de etanol:agua 1:1, esta solución se colocó en un baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaner, Mod. 32V118A, Freeport, IL, EE.UU) durante 15 min y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min (Centrifuga Thermo Scientific, Mod.ST 16R, Waltham, MA, EE.UU), el sobrenadante se utilizó para la determinación de contenido fenólico.

La técnica Folin-Ciocalteu es un método utilizado para medir la concentración de fenoles totales solubles de una muestra colorimétricamente, permite el análisis de compuestos con anillos aromáticos (fenoles, taninos, ligninas, proteínas, etc.), dando lugar a una coloración azul que es determinada con ayuda de un espectrofotómetro a una absorbancia de 760 nm.

Esta metodología se realizó siguiendo los pasos descritos por Waterman y Mole (1994). Se determinó el contenido de fenoles totales, para lo cual se realizó una curva de calibración utilizando ácido gálico como patrón, a una concentración de 100 $\mu\text{g/mL}$.

Se tomaron 50 μL del sobrenadante de la muestra a la cual se le adicionaron 0.25 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu 1N. Se dejó reposar 5 min y se adicionó 0.75 mL de carbonato de sodio al 20 %, se agitó y se mantuvo en reposo durante 2 h, se midió la absorbancia a 760 nm. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco (mg EAG g^{-1} extracto seco).

6.6.2 Determinación de flavonoides

El contenido total de flavonoides se determinó de acuerdo con la metodología descrita por (Chang et al., 2002; Ribarova et al., 2005; Pourmorad et al., 2006). Se determinó el contenido de flavonoides totales, por la técnica colorimétrica de cloruro de aluminio, para lo cual se realizó una curva de calibración utilizando quercetina como patrón, a una concentración de 1 mg/mL .

Para la preparación de la muestra se preparó una solución metanólico del extracto a una concentración de 0.01 mg/mL se disolvió en metanol, posteriormente se dejó sonicar por 45 min a 40 °C, seguido de una centrifugación a 1,000 g por 10 min, se rescató el sobrenadante y almaceno en un frasco ámbar hasta su uso.

Se tomaron 600 µL de la solución metanólico del extracto y se sometió al mismo tratamiento que a la curva de calibración. Los resultados se expresaron en miligramos equivalente de quercetina por gramo de extracto seco (mg EQ g⁻¹ extracto seco).

6.7 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se determinó por el método 2,2'-Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) descrito por (Brand-Williams et al., 1995). Se realizo un curva patrón de ácido ascórbico a una concentración de 100 mg/mL. Posteriormente se realizó una solución metanólica del extracto vegetal de estudio a una concentración de 1000 µg/mL de la cual se tomaron 1250 µL y 500 µL de DPPH, la mezcla se homogenizó y se dejó reposar por 30 min a temperatura ambiente y en oscuridad para luego medir la absorbancia con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm. Los resultados se expresaron como Concentración Inhibitoria Media (CI₅₀), mg/equivalente de ácido ascórbico.

6.8 Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar y un análisis de varianza (ANOVA), para analizar los resultados de la actividad antibacteriana las diferencias entre medias se evaluaron mediante un análisis estadístico de comparación de Tukey con un nivel de significancia del 95 %, usando el programa Minitab versión 18.

Adicionalmente, los datos del porcentaje de germinación del efecto alelopático se sometieron a un análisis de confiabilidad supervivencia por análisis Probit, con el mismo programa estadístico, y para la determinación de fenoles totales y flavonoides se realizó un análisis de regresión lineal

7. Resultados

7.1 Obtención del extracto

7.1.1. Identificación de material vegetal

La identificación de las plantas se realizó en el herbario del Centro de Investigaciones Biológicas de UAEH. Se verificó que las plantas correspondían a *R. communis* L. (HGOM-11) y *T. erecta* L. (HGOM-12).

7.1.2. Rendimiento del extracto

Se determinó que, a partir del total de material vegetal macerado, que fueron 100 g de peso seco para cada extracto se obtuvieron los siguientes rendimientos (Tabla 5.) los cuales indican que son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Tabla 5. Rendimiento de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta*

Extracto	Rendimiento %
<i>R. communis</i> flor	16.6 ^b ± 0.60
<i>R. communis</i> hoja	18.6 ^a ± 0.36
<i>T. erecta</i> flor	16 ^b ± 1.73
<i>T. erecta</i> hoja	12 ^c ± 1

Los valores representan el promedio de tres repeticiones y la desviación estándar, diferentes literales ^{a, b, c} en las filas indican diferencias estadísticas significativas en la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) entre extractos.

7.1.1. Prueba de solubilidad y esterilidad

Se determinó la solubilidad y esterilidad de los cuatro extractos. Para la prueba de solubilidad de los cuatro extractos se solubilizaron 100 % con agua, además no mostró crecimientos bacterianos.

7.2 Actividad antibacteriana

7.2.1. Reactivación de las cepas bacterianas

Las cepas reactivadas de *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* mostraron colonias lisas y convexas no viscosas Gram-positivo, *P. syringae* pv. *tomato* mostraron colonias de superficie lisa y brillante color crema Gram-negativa y *X. campestris* mostraron colonias de color amarillo y viscosas Gram-negativo.

7.2.2. Concentración Mínima Inhibitoria

Los extractos hidroalcohólicos evaluados de *R. communis* flor, *R. communis* hoja, *T. erecta* flor, *T. erecta* hoja, presentaron actividad inhibitoria sobre *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* (Tabla 6). Siendo el control positivo el que tubo mejor efecto, sin embargo, de los extractos evaluados, el extracto que mostró un buen efecto inhibitorio fue el de *R. communis* flor contra las tres bacterias evaluadas a diferentes concentraciones, aunque los extractos de *R. communis* flor y de hoja tiene buen efecto (25 mg/mL) contra *P. syringae* pv. *tomato*, no obstante la concentración más baja la presento el extracto de *R. communis* hoja (0.19 mg/mL) contra *X. campestris*, indicando así que existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.0001$) entre tratamientos y bacterias evaluadas.

Tabla 6. Concentración Mínima Inhibitoria de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* sobre bacterias fitopatógenas (mg/mL)

Tratamiento	Bacterias fitopatógenas		
	<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i>	<i>X. campestris</i>
<i>R. communis</i> flor	25 ^{Bb}	25 ^{Bb}	3.12 ^{Ac}
<i>R. communis</i> hoja	100 ^{Cd}	25 ^{Bb}	0.19 ^{Ab}
<i>T. erecta</i> flor	50 ^{Bc}	50 ^{Bc}	12.5 ^{Ad}
<i>T. erecta</i> hoja	100 ^{Bd}	100 ^{Bd}	12.5 ^{Ad}
Kanamicina *	0.001 ^a	0.002 ^a	0.016 ^a
Caldo nutritivo**	SA	SA	SA

Control positivo (*), Control negativo (**), Sin actividad = SA; ^{A, B, C} Diferentes literales en mayúsculas entre filas indican diferencias estadísticas significativas en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) entre bacterias ^{a, b, c} diferentes literales en minúsculas en las columnas indican diferencias estadísticas significativas en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, los valores representan el promedio de tres observaciones.

7.2.3. Concentración Mínima Bactericida

Los extractos hidroalcohólicos *R. communis* flor, *R. communis* hoja, *T. erecta* flor, *T. erecta* hoja mostraron efecto bactericida sobre *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* cómo se puede observar en la Tabla 7. El mejor efecto bactericida lo mostró el control positivo, por otra parte el extracto que presentó la concentración (0.39 g/mL) más baja fue el extracto de *R. communis* hoja contra *X. campestris* siendo esta bacteria la más sensible a los extractos evaluados en comparación con *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* y *P. syringae* pv. *tomato* que fueron menos susceptibles a los efectos de los extractos, no obstante los datos indican que existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.0001$) entre tratamientos y bacterias evaluadas.

Table 7. Concentración Mínima Bactericida de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* sobre bacterias fitopatógenas (mg/mL)

Tratamiento	Bacterias fitopatógenas		
	<i>C.michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i>	<i>X. campestris</i>
<i>R. communis</i> flor	50 ^{Bb}	50 ^{Bb}	6.25 ^{Ac}
<i>R. communis</i> hoja	200 ^{Cd}	50 ^{Bb}	0.39 ^{Ab}
<i>T. erecta</i> flor	100 ^{Bc}	100 ^{Bc}	25 ^{Ad}
<i>T. erecta</i> hoja	200 ^{Bd}	200 ^{Bd}	25 ^{Ad}
Kanamicina *	0.001 ^a	0.004 ^a	0.032 ^a
Caldo nutritivo**	SA	SA	SA

Control positivo (*), Control negativo (**), Sin actividad = SA; ^{A,B,C} Diferentes literales en mayúsculas entre filas indican diferencias estadísticas significativas en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) entre bacterias, ^{a,b,c} diferentes literales en minúsculas en las columnas muestran diferencias estadísticas significativas en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, los valores representan el promedio de tres observaciones.

La relación de la CMB/CMI de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* sobre las bacterias, indica que el efecto de los extractos es bactericida.

7.3 Cromatografía líquido-líquido

De los cuatro extractos evaluados, el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja fue el extracto que mostró la concentración (0.39 mg/mL) más baja evaluada comparada con los demás extractos, por tanto, se eligió este extracto para la bipartición y continuar con los experimentos. Se obtuvo una fracción acuosa y una orgánica, a partir del fraccionamiento de 9.7 g de extracto, del cual se obtuvieron 1.55 g de fracción acuosa y 0.105 g de la fracción orgánica. Posteriormente, se evaluó la actividad antibacteriana de ambas fracciones de *R. communis* hoja, contra *P. syringae* y *X. campestris* ya que estas dos bacterias fueron más susceptibles con el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja.

La fracción acuosa inhibió el crecimiento *P. syringae* pv. *tomato* en comparación con los resultados obtenidos en el extracto crudo *R. communis* hoja, la concentración exhibida en la fracción acuosa (50 mg/mL) es mayor a la obtenida en el extracto crudo de *R. communis* hoja (25 mg/mL), siendo esta una concentración mayor, por otro lado, la fracción orgánica inhibió el crecimiento de *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris*. La concentración (0.19 mg/mL) evaluada del extracto crudo de *R. communis* hoja contra *X. campestris* es igual a la de la fracción orgánica. De este modo las fracciones evaluadas indicaron que existen diferencias estadísticas significativas ($P=0.0001$) entre fracciones y bacterias como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Concentración Mínima Inhibitoria del fraccionamiento del extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja (mg/mL)

Extracto <i>R. communis</i> hoja	Bacterias fitopatógenas		
	<i>C.michiganensis</i> sbsp. <i>michiganensis</i>	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i>	<i>X. campestris</i>
Fracción Acuosa	SA	50 ^{Ac}	SA
Fracción AcOEt	SA	1.56 ^{Bb}	0.19 ^{Ab}
Kanamicina *	0.001	0.002 ^a	0.016 ^a
Caldo nutritivo**	SA	SA	SA

Control positivo (*), Control negativo (**), Sin actividad = SA, Acetato de etilo = AcOEt. ^{A, B} diferentes literales en letras mayúsculas entre filas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), ^{a, b} literales en letras minúsculas en las columnas muestran diferencias significativas entre tratamientos en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), los valores representan el promedio de tres observaciones.

Respecto a la CMB (Tabla 9), la fracción acuosa (Agua) no mostró efecto bactericida frente a las bacterias evaluadas, mientras que la fracción orgánica (AcOEt) si mostró efecto bactericida contra *X. campestris* siendo este un valor igual al obtenido en el extracto crudo de *R. communis* de hoja, por lo cual se determina no continuar con el fraccionamiento del extracto.

Tabla 9. Concentración Mínima Bactericida del fraccionamiento del extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja (mg/mL)

Extracto <i>R. communis</i> hoja	Bacterias fitopatógenas		
	<i>C. michiganensis</i> sbsp. <i>michiganensis</i>	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i>	<i>X. campestris</i>
Fracción Acuosa	SA	SA	SA
Fracción AcOEt	SA	25 ^{Bb}	0.39 ^{Ab}
Kanamicina *	0.001	0.004 ^a	0.032 ^a
Caldo nutritivo**	SA	SA	SA

Control positivo (*), Control negativo (**), Sin actividad = SA, Acetato de etilo = AcOEt. ^{A, B, C} literales en letras mayúsculas representan diferencias estadísticas significativas entre bacterias en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), ^{a, b, c} literales en letras minúsculas en las columnas muestran diferencias significativas entre tratamientos en prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), los valores representan el promedio de tres observaciones.

7.4. Efecto alelopático

Con base a los resultados antes mencionados se continuó con la evaluación del efecto alelopático con el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja en la germinación en semillas con rangos medios de las concentraciones evaluadas de la CMB del extracto crudo de *R. communis* hoja esto con el fin de determinar índice de respuesta alelopática.

Se determinó el porcentaje de germinación de semillas *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo* expuestas a diferentes concentraciones del extracto (0.46 -60 mg/mL). Se reportan en la Tabla 10, las concentraciones efectivas CE₂₅, CE₅₀ y CE₉₀, del extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja.

Tabla 10. Concentración efectiva de 25, 50, 90 del extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja en la inhibición de la germinación de semillas *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo*

Semillas	mg/mL		
	CE ₂₅	CE ₅₀	CE ₉₀
<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>	2.29	5.41	28.25
<i>S. lycopersicum</i>	1.85	3.48	11.69
<i>C. pepo</i>	0.48	0.93	11.98

CE₂₅, Concentración efectiva 25; CE₅₀, Concentración efectiva 50; CE₉₀ Concentración efectiva 90

7.5. Determinación cualitativa de compuestos

Los fitoquímicos identificados en el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja, se muestran en la Tabla 11, presentando concentración abundante en flavonoides y taninos condensados, y relativamente abundante en quinonas y compuestos fenólicos.

Tabla 11. Fitoquímicos identificados en el extracto de hidroalcohólico de *R. communis* hoja

Método	Metabolito	Extracto hidroalcohólico de hoja de <i>R. communis</i>
Shinoda	Flavonoides	+++
Borntrager	Quinonas	++
Espuma	Saponina	-
Salkowski	Terpenos	+
Cloruro férrico	Tanino condensado	+++

Cloruro férrico	Compuestos fenólicos	++
-----------------	----------------------	----

+, Presencia escasa; ++, presencia relativamente abundante; +++, presencia abundante; -, No detectado

7.6. Determinación cuantitativa de compuestos

Se determinó cuantitativamente el contenido fenólico total (CFT) y contenido de flavonoides (CF).

7.6.1. Determinación de fenoles totales y flavonoides

El contenido de fenoles totales se cuantificó mediante la prueba colorimétrica y de inhibición del radical por el método de Folin–Ciocalteu. Se realizó una curva patrón de ácido gálico con una $R^2 = 0.9583$. En la tabla 12 se muestra la concentración de compuestos fenólicos totales.

Para cuantificar flavonoides en el extracto, se realizó una curva patrón de quercetina con una $R^2 = 0.9898$. En la tabla 12 se muestra la concentración de flavonoides del extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja.

Tabla 12. Contenido de fenoles totales y flavonoides

Extracto	Contenido de fenoles totales mg EAG g ⁻¹ extracto seco	Contenido de Flavonoides mg EQ g ⁻¹ extracto seco
<i>R. communis</i> hoja	168.8 ± 0.07	214 ± 0.05

7.7. Determinación de la actividad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja se realizó a través del radical DPPH, la cual se exhibió una CI_{50} de 28.34 µg/mL, este valor es mayor a la CI_{50} del ácido ascórbico que es de 3.95 µg/mL.

8. Discusión

En el presente estudio se evaluó la actividad antibacteriana de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* contra *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris*.

Con respecto al rendimiento de los extractos hidroalcohólicos realizados en la presente investigación se obtuvo un mejor rendimiento en los extractos de *R. communis* flor y hoja (18.6 %), similares a los reportados por Escoto García et al. (2016) evaluaron extractos de hojas de *R. communis* cuyo rendimiento de extracto de metanol fue de 18.45 %.

Por otro lado Padalia y Chanda (2015) evaluaron el rendimiento de extracto de flor de *T. erecta* por la técnica de percolación con diferentes solventes: agua, metanol, hexano acetato de etilo y acetona, el extracto acuoso mostró un rendimiento de 18.11 % seguido del metanólico 17.9 %, estos resultados difieren a los de la presente investigación, esto se puede deber a la técnica de extracción ya que en este trabajo se realizó con la técnica de maceración en una mezcla 70:30 agua: metanol.

En lo referente a la actividad antibacteriana de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* y *T. erecta* de flor y hoja se determinó efecto inhibitorio frente a *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* a diferentes concentraciones, siendo el extracto de *R. communis* hoja el que tuvo mejor efecto. Al respecto Martínez-Mora et al. (2023) evaluaron la actividad antibacteriana de extractos acuoso y etanólico *R. communis* hoja contra *S. aureus*, *Proteus sp.*, *E. coli* y *Klebsiella sp.*, siendo el extracto etanólico el que mostró mejor actividad antibacteriana frente a *S. aureus* y *Proteus sp.*, mientras que el efecto inhibitorio fue menor en *E. coli* y *Klebsiella sp* (Martínez-Mora et al., 2023), esto difiere a la actividad de los extractos evaluados en esta presente investigación ya que no se asoció con la clasificación Gram-positiva y Gram-negativa.

En cuanto a la actividad bactericida de los extractos hidroalcohólicos de *R. communis* flor, *R. communis* hoja y *T. erecta* flor, *T. erecta* hoja presentaron efecto bactericida contra *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* a

concentraciones de 0.39 g/ mL a 100 g/mL. Por su parte Morales-Ubaldo et al., (2021) determinaron efecto bactericida de *Larrea tridentata* frente a *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris* a diferentes concentraciones, sus resultados exhibieron una concentración alta para *X. campestris* (0.78 g/mL) comparado con el extracto de *R. communis* hoja a una concentración de 0.39 g/mL de este estudio y bajas concentraciones (12.5 g/mL) para *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* igual de este trabajo, difiriendo así los resultados reportados en este estudio, esto se debe a la variedad de las plantas utilizadas.

A sí mismo, en el presente estudio se determinó la CMB menor de los extractos evaluados, determinando que extracto de *R. communis* hoja es más efectivo contra *X. campestris* (0.39 mg/mL), por lo cual, el extracto de *R. communis* hoja se llevó a cromatografía líquido-líquido.

Como se mencionó anteriormente se realizó cromatografía líquido-líquido de extracto de *R. communis* hoja, del cual la fracción orgánica perdió efecto bactericida contra *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris*, por otro lado, en la fracción inorgánica la actividad bactericida se mantuvo igual contra *X. campestris*, por lo tanto, se determinó no seguir con el fraccionamiento, ya que el resultado para *X. campestris* es el mismo para el extracto crudo, esto indica que la actividad se logra con el extracto crudo de *R. communis* hoja, sin realizar una separación de fracciones, esto puede resultar en un menor costo en la obtención de un extracto con actividad antibacteriana.

Respecto a la evaluación del efecto alelopático del extracto de *R. communis* se observa que a la concentración 0.46 mg/mL no tiene efecto inhibitorio en la germinación con respecto al testigo (0 mg/mL), pero conforme aumenta la concentración del extracto, el efecto alelopático aumenta inhibiendo la germinación de las semillas de *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo* en un 90 %, respectivamente, encontrando un mayor efecto alelopático en semillas de *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo* en concentraciones de 11 mg/mL. Este efecto es similar a los resultados obtenidos por Weir et al. (2003) e Irshad, (2004), que lo atribuyen a la presencia de aleloquímicos en los extractos de las plantas, que causan la inhibición

de la germinación de semillas que afectan de cierta manera a varias reacciones fisiológicas de la planta, bloqueando la hidrólisis de nutrientes y la división celular.

Se reporta que el extracto acuoso de hojas de *R. communis* inhibió completamente la germinación del berro y la hierba de corral, y así mismo inhibió el crecimiento de plántulas de berro, lechuga raygrass italiano y la hierba de corral a una concentración de 30 mg de extracto equivalente peso seco /mL. Este efecto es similar al obtenido en este trabajo al evaluar la inhibición de la geminación de las semillas a una concentración de 28 mg/mL, mientras que para las semillas con una concentración de entre 10-15 mg/mL ya presenta efecto alelopático en germinación

Saadaoui et al., (2015) indican que los extractos acuosos de hojas y pericarpio de *R. communis* tienen efecto inhibitor del 85-90 % en la germinación de semillas de alfalfa, cebada, lenteja, fenogreco, garbanzo y yute a una concentración de 10 mg/mL. Mientras que a concentraciones de 5 mg/mL el extracto de *R. communis* no presentó un efecto negativo en comparación al testigo, la germinación reportada fue de 70 % en ambos experimentos, se indica que también que el extracto mejoro el tiempo de germinación al día 7, en comparación con el testigo. A concentraciones más altas, 7,5 mg/mL la germinación fue del 10 %, por lo tanto, el extracto tiene un efecto negativo a 10 mg/mL del extracto no se observó germinación incluso después del día 4 (100% de inhibición).

Los aleloquímicos presentes en los extractos de plantas inhiben la germinación de semillas al afectar a varias reacciones fisiológicas de la planta receptora, bloqueando la hidrólisis de nutrientes y la división celular (Weir et al., 2003; Irshad, 2004; Nekonam et al., 2013; Saddiqe et al., 2020).

Por otro lado, el resultado de la caracterización fitoquímica de el extracto de *R. communis* muestra la presencia de terpenos, flavonoides, taninos, cumarinas y ausencia de saponinas, metabolitos secundarios similares a los reportados por Martínez Mora et al., (2018) en extractos etanólicos *R. communis* hoja. Asimismo, Wadankar et al., (2022) reportaron la presencia de alcaloides, taninos, fenoles terpenoides y glucósido del extracto metanólico de *R. communis*, similares a los reportados en este trabajo. Esto puede deberse al tipo de solvente utilizado asimismo

al genotipo, al ambiente, lugar y el momento de corte (Martínez Mora et al., 2018), a la variedad vegetal o a la diferente distribución geográfica de la planta (Janssen et al., 1987).

Al respecto, los metabolitos secundarios incluidos los taninos, alcaloides, saponinas, flavonoides, glucósidos y resinas contribuyen significativamente a las actividades medicinales y fisiológicas de las plantas. La composición química de las plantas está relacionada con los mecanismos de defensa de la planta y los efectos del suelo y el clima (Aronés-Jara et al., 2022).

Maldonado Santoyo y Morales López, (2022), realizaron un análisis fitoquímico de los diferentes extractos de hoja (acuoso, metanol y etanol) de *R. communis* y mostraron la presencia de terpenoides (pineno, esteroides, saponinas), fenoles (taninos), flavonoides (quercetina, miricetina, kaempferol), determinando así un efecto antibacteriano que se le atribuyó al pineno. Borges et al. (2022) reporta una revisión de la actividad antibacteriana del α -pineno, este monoterpeno muestra actividad antibacteriana contra *E. coli*, *S. aureus* y *S. entérica*, demostrando que es más efectivo contra bacterias Gram-positivas, debido a que las bacterias gram-negativas pueden bloquear la entrada de compuestos hidrofóbicos en la capa de lipopolisacáridos de su membrana externa. El mecanismo de acción de α -pineno que se menciona para *E. coli* consiste en la modificación del complejo DnaKJE- σ 32, que es responsable de la síntesis de promotores del choque térmico para la célula.

Teffo et al., (2010). demostraron que una mezcla de kaempferol, galactopiranosido y quercetina ejerce efectos antibacterianos a través de la alteración de la membrana celular, seguida de la activación de la apoptosis y la fragmentación del ADN en células de *Micrococcus luteus*, mientras que el kaempferol mostró mayor eficiencia en el daño de la membrana celular de *E. coli*. Los compuestos responsables de la actividad antibacteriana y antioxidante en los extractos son todos flavonoides relacionados con el kaempferol.

La quercetina es un flavonoide, reportado con propiedades antibacterianas, se ha observado que disminuye el crecimiento de cepas patógenas de *S. aureus*, *E. coli*,

Pseudomonas aeruginosa y *Enterococcus faecalis*, entre otros microorganismos, además de disminuir la generación de ciertos factores de patogenicidad, el efecto bacteriostático fue más fuerte en las bacterias Gram-positivas que en las Gram-negativas, posiblemente debido a las diferencias en la estructura y composición (Wang et al., 2018).

En la naturaleza, los fitoquímicos son responsables de proteger las plantas de la infección de microorganismos patógenos (Cowan, 1999). Sin embargo, el perfil fitoquímico de las plantas varía debido a numerosos factores antes mencionados (Camacho-Campos et al., 2019).

Martínez-Mora et al., (2023) reportan un contenido de fenoles totales de 56,5 mg g⁻¹ (masa fresca), valores menores a los determinados en este trabajo 168.8 mg EAG g⁻¹, mientras que Purushothaman y Chandra, (2022) reporta un contenido fenólico total en el extracto de *R. communis* hoja de 273,35 ± 2,33 mg EGA g⁻¹, el contenido total de flavonoides fue de 256,29 ± 0,21 mg EQ g⁻¹, este último dato es un valor es alto al encontrado en este trabajo para el extracto hidroalcohólico (214 mg EQ g⁻¹).

Surco-Laos et al., 2022 determinaron que el extracto etanólico de las hojas de *R. communis* presenta mayor contenido compuestos fenólicos 102.30 mg EAG g⁻¹ que en el extracto hidroalcohólico 20.98 mg EAG g⁻¹ y para el contenido de flavonoides se encontraron concentraciones muy bajas en ambos extractos en el etanólico fue de 1.94 mg EQ g⁻¹ difiriendo a los reportados en el presente trabajo y en el hidroalcohólico 0.99 mg EQ g⁻¹, indicando así que el solvente influye en la extracción de los metabolitos bioactivos.

Los resultados en este trabajo muestran que la CI₅₀ del extracto de *R. communis* es de 168.8 µg/mL de DPPH mayor a 3.95 µg/mL de DPPH para AG. Los valores de CI₅₀ de DPPH dependen de la concentración inicial de DPPH utilizado, por ejemplo, la CI₅₀ de extracto solvente de *R. communis* se reporta en valores de 250,10 µg/mL en comparación con 25,60 µg/mL de ácido ascórbico (Hussain et al., 2021).

Pradeep Pratap et al. (2009) determinaron que los principales compuestos fenólicos responsables de la actividad antioxidante en extractos metanol:agua 8:2 de hoja de *R. communis* son ácido gálico, la quercetina, el ácido gentísico, la rutina, la

epicatequina y el ácido elágico. Los componentes antioxidantes en el ámbito agrícola, intervienen en la defensa contra microorganismos (bacterias, hongos y algunos insectos) y en la atracción de polinizadores (Salehi et al., 2018), por lo que estos compuestos podrían ser los responsables de la actividad antibacteriana.

Se ha reportado que la actividad antioxidante y antibacteriana de extractos de 20 especies medicinales se asocian al contenido fenólico, se indica que entre mayor sea el valor de compuestos fenólicos mayor será la actividad antioxidante y antibacteriana (Kadir, 2021).

En un estudio reciente de extractos de hojas, inflorescencias y frutos de frambuesa *Rubus idaeus* L. demuestra una correlación de moderada a muy débil entre el contenido fenólico, la actividad antioxidante por diferentes técnicas (DPPH, ABTS y FRAP) y actividad antibacteriana y muestran que la correlación depende de la bacteria analizada (Ispiryan et al., 2024).

9. Conclusión

Los extractos hidroalcohólicos de hoja, flor de *R. communis* y *T. erecta* presentan actividad bactericida contra *C. michiganensis* sbsp. *michiganensis*, *P. syringae* pv. *tomato* y *X. campestris*. Sin embargo, el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja mostró una mejor actividad antibacteriana sobre *X. campestris* (0.39 mg/mL).

Los metabolitos presentes en el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja actúan de manera sinérgica ya que al ser fraccionados pierden la actividad antibacteriana.

Por otro lado, el extracto hidroalcohólico de *R. communis* hoja no mostró un efecto alelopático en la germinación de las semillas *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum* y *Cucurbita pepo*, en la concentración 0.46 mg/mL, este valor es mayor a la concentración que presenta actividad bactericida contra *X. campestris*, pero a mayores concentraciones del extracto se presentaría inhibición de la germinación de *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Solanum lycopersicum*, *Cucurbita pepo*, por lo que se propone como una alternativa en el tratamiento de semilla en la prevención únicamente para *X. campestris*.

El tamiz fitoquímico de algunos metabolitos secundarios determinó la presencia de compuestos fenólicos y terpenos que pueden asociarse a la actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de hoja de *R. communis*.

10. Perspectiva

Los extractos vegetales de *R. communis* y *T. erecta* pueden ser una alternativa para el control de bacterias fitopatógenas, por lo cual se puede seguir con su investigación, se propone la evaluación de los extractos hidroalcohólicos en ensayo *in vivo* para evaluar el efecto alelopático en la germinación de semillas, posteriormente la evaluación *in vivo* de los extractos hidroalcohólicos en plantas infectadas con bacterias fitopatógenas.

11. Referencias

- Abd-Ulgadir, K. S., Suliman, S. I., Zakria, I. A., El-Deen, N., & Hassan, A. (2015). Antimicrobial potential of methanolic extracts of *Hibiscus sabdariffa* and *Ricinus communis*. *Advancement in Medicinal Plant Research*, 3(1), 18–22.
- Acciaresi A, H., & Asenjo A, C. (2003). Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers. sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.). *Ecología Austral*, 13, 49–61.
- Arboleda, F. de J., Guzmán, Ó. A., & Mejía, L. F. (2012). Efecto de extractos cetónicos de Higuierilla (*Ricinus communis* L.) sobre el nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb.) en condiciones in vitro. *Luna Azul*, 35, 28–47.
- Aronés-Jara, M. R., Cárdenas-Landeo, E., Luna-Molero, H. R., Barbarán-Vilcatoma, S. M., & Gómez-Quispe, M. (2022). Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del bosque de piedras de huaraca en Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 88(1), 165–179. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2nd ed.).
- Balestra, G. M., Heydari, A., Ceccarelli, D., Ovidi, E., & Quattrucci, A. (2009). Antibacterial effect of *Allium sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. *Crop Protection*, 28(10), 807–811. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.06.004>
- Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R., & Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>

- Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 5–16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825001>
- Borges, M. F. de A., Lacerda, R. de S., Correia, J. P. de A., de Melo, T. R., & Ferreira, S. B. (2022). *Potential Antibacterial Action of α -Pinene*. 11. <https://doi.org/10.3390/eca2022-12709>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LTW-Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Burlec, A. F., Pecio, L., Kozachok, S., Mircea, C., Corciovă, A., Vereștiuc, L., Cioancă, O., Oleszek, W., & Hăncianu, M. (2021). Phytochemical profile, antioxidant activity, and cytotoxicity assessment of *Tagetes erecta* L. flowers. *Molecules*, 26(5). <https://doi.org/10.3390/molecules26051201>
- Camacho-Campos, C., Pérez-Hernández, Y., Valdivia-Ávila, A., Ramírez-Pérez, H. L., & Gómez-Brisuela, L. (2019). Phytochemical and antibacterial properties of extracts of *Tagetes erecta* L. (Asteraceae). *Revista Cubana de Química*, 31(1), 53–64.
- Carrillo-Fasio, J. A., Sánchez-Bautista, L., García-Estrada, R. S., Allende-Molar, R., & Márquez-Zequera, I. (2001). Revista Mexicana de Fitopatología. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(2), 248–250. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219219>
- Carvalho, R. da S., Silva, M. A. da, Borges, M. T. M. R., & Forti, V. A. (2022). Plant extracts in agriculture and their applications in the treatment of seeds. *Ciência Rural*, 52(5). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210245>
- Celis, A., Mendoza, C., & Pachón, M. E. (2008). Review: Plant extracts used as biocontrol in management of plagues, diseases and weeds. *Temas Agrarios*, 14(1), 5–16.

- Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M., & Chern, J.-C. (2002). Estimation of total flavonoid content in Propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182.
- Chigodi, M. O., Samoei, D. K., & Muthangya, M. (2013). Phytochemical screening of *Agave sisalana* perrine leaves (Waste). *International Journal of Biology and Pharmaceutical Technology*, 4(4), 200–204. <https://imsear.searo.who.int/handle/123456789/167320>
- Chu, J., Fang, S., Xin, P., Guo, Z., & Chen, Y. (2017). Quantitative analysis of plant hormones based on LC-MS/MS. In *Hormone Metabolism and Signaling in Plants* (pp. 471–475). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811562-6.00014-1>
- CLSI. (2012). Clinical and Laboratory Standards Institute. *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Test for Bacteria That Grow Aerobically*.
- Cowan, M. M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology*, 12(4), 564–582.
- Devika, R., & Koilpillai, J. (2015). Anti-inflammatory Effect of Bioactive Compounds of *Tagetes erecta* (Linn.) Flower Extract. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9(3), 2547–2550.
- Du, R., Liu, J., Sun, P., Li, H., & Wang, J. (2017). Inhibitory effect and mechanism of *Tagetes erecta* L. fungicide on *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14937-1>
- Escoto García, T., Uribe García, A., Díaz Ramos, S. G., & García López, P. M. (2016). Evaluación del rendimiento de extractos en hojas de *Ricinus communis* L. *Conciencia Tecnológica*, 52, 12–18.
- Esquivel-cervantes, L. F., Tlapal-bolaños, B., Tovar-pedraza, J. M., Pérez-hernández, O., Leyva-mir, S. G., & Camacho-tapia, M. (2022). Efficacy of Biorational Products for Managing Diseases of Tomato in Greenhouse Production. *Plants*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/plants11131638>

- Gil-Chávez, G. J., Villa, J. A., Ayala-Zavala, F., Basilio Heredia, J., Sepulveda, D., Yahia M., E., & González-Aguilar, G. A. (2013). Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 12, Issue 1, pp. 5–23). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12005>
- Godlewska, K., Ronga, D., & Michalak, I. (2021). Plant extracts-importance in sustainable agriculture. *Italian Journal of Agronomy*, 16(2). <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1851>
- González López, A. M., Quiñones Aguilar, E. E., & Rincón Enríquez, G. (2018). *Actividad biológica de los terpenos en l área agroalimentaria*. 33–49.
- Griffin, K., Gambley, C., Brown, P., & Li, Y. (2017). Copper-tolerance in *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Xanthomonas* spp. and the control of diseases associated with these pathogens in tomato and pepper. A systematic literature review. *Crop Protection*, 96, 144–150. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.02.008>
- Guevara, L., Andrio, E., Cervantes, F., Rodríguez, D., Robles, R., Mondragon, W., & Perez, D. (2015). Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuierilla (*Ricinius communis* L) y lantana (*Lantana camara* L) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en tomate. *Artículo Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias Junio*, 2(3), 428–434. www.ecorfan.org/bolivia
- Havlíček, V., & Spížek, J. (2014). Natural Products Analysis. In *Natural Products Analysis* (pp. 1–8). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118876015.ch1>
- Hernández-Pérez, A., Campos-Montiel, R. G., López-Palestina, C. U., Juárez-Maldonado, A., & Hernández -Fuentes, A. D. (2022). Plantas medicinales de la familia Asteraceae con actividad hipoglucemiante en México. Una revisión. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 8(16), 14–17. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/issue/archive>

- Huang, X., Gao, W., Yun, X., Qing, Z., & Zeng, J. (2022). Effect of Natural Antioxidants from Marigolds (*Tagetes erecta* L.) on the Oxidative Stability of Soybean Oil. *Molecules*, 27(9). <https://doi.org/10.3390/molecules27092865>
- Hussain, A., Aslam, B., Muhammad, F., & Faisal, M. N. (2021). In vitro Antioxidant Activity and In vivo Antiinflammatory Effect of *Ricinus communis* (L.) and *Withania somnifera* (L.) Hydroalcoholic Extracts in Rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021200783>
- Islam, A. K. M. M., & Kato-Noguchi, H. (2013). Allelopathic prospective of *Ricinus communis* and *Jatropha curcas* for bio-control of weeds. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 63(8), 731–739. <https://doi.org/10.1080/09064710.2013.865073>
- Ispiryan, A., Atkociuniene, V., Makstutiene, N., Sarkinas, A., Salaseviciene, A., Urbonaviciene, D., Viskelis, J., Pakeltiene, R., & Raudone, L. (2024). Correlation between Antimicrobial Activity Values and Total Phenolic Content/Antioxidant Activity in *Rubus idaeus* L. *Plants*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/plants13040504>
- Janssen, A. M., Scheffer, J. J. C., & Baerheim S'vendsen, A. (1987). Antimicrobial activities of essential oils A z976-z986 literature review on possible applications. In *Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition* (Vol. 9).
- Kadir, D. H. (2021). Statistical evaluation of main extraction parameters in twenty plant extracts for obtaining their optimum total phenolic content and its relation to antioxidant and antibacterial activities. *Food Science and Nutrition*, 9(7), 3491–3499. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2288>
- Kaewpiboon, C., Lirdprapamongkol, K., Srisomsap, C., Winayanuwattikun, P., Yongvanich, T., Puwapisirisan, P., Svasti, J., & Assavalapsakul, W. (2012). Studies of the in vitro cytotoxic, antioxidant, lipase inhibitory and antimicrobial activities of selected Thai medicinal plants. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-217>

- Kaisoon, O., Siriamornpun, S., Weerapreeyakul, N., & Meeso, N. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. *Journal of Functional Foods*, 3(2), 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.03.002>
- Lustre Sánchez, H. (2022). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria*, 23(2). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>
- Maldonado Santoyo, M., & Morales Lopez, G. (2022). Análisis químico y nutricional en hojas de *Ricinus communis*. *Revista Cubana de Química*, 34(1), 3–18.
- Martínez Mora, M. M., Pérez Hernández, Y., Sardiña Alfonso, G., Rondón Castillo, A. J., & Pérez Rojas, A. (2018). Caracterización fitoquímica y antibacteriana de *Ricinus communis* L. In *Universidadde Matanzas* (pp. 978–959).
- Martínez-Mora, M. M., Sardiña-Alfonso, G., Rondón-Castillo, A. J., Pérez-Rojas, A., & Pérez-Hernández, Y. (2023). Composición fitoquímica y propiedades antibacterianas de *Ricinus communis* L. *Pastos y Forrajes*, 46(13).
- Martínez-Valverde, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5–18.
- Mesa-Vanegas, A. M., Zapata-Uribe, S., Arana, L. M., Zapata, I. C., Monsalve, Z., & Rojano, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 14(1), 1–10. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85632845001>
- Morales-Ubaldo, A. L., Rivero-Perez, N., Avila-Ramos, F., Aquino-Torres, E., Prieto-Méndez, J., Hetta F, H., El-Saber Batiha, G., & Zaragoza-Bastida, A. (2021). Bactericidal activity of *Larrea tridentata* hydroalcoholic extract against phytopathogenic bacteria. *Agronomy*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy11050957>

- Navarrete-Maya, R., Aranda-Ocampo, S., Rodríguez-Me-Jía, M. L., & SI Y Gonzalez-Ochoa, M.-H. (2014). Redalyc.Bacterias Fitopatógenas en Semillas: Su Detección y Regulación. In *Revista Mexicana de Fitopatología* (Vol. 32, Issue 2).
- Padalia, H., & Chanda, S. (2015). Antimicrobial Efficacy of Different Solvent Extracts of *Tagetes erecta* L. Flower, Alone and in Combination with Antibiotics. *Applied Microbiology: Open Access*, 1(1). <https://doi.org/10.4172/2471-9315.1000106>
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J., & Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1142–1145. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Pradeep Pratap, S., Ambika, & S. M.S., C. (2009). Activity guided isolation of antioxidants from the leaves of *Ricinus communis* L. *Food Chemistry*, 114(3), 1069–1072. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.020>
- Preston, G. M. (2000). *Pseudomonas syringae* pv. tomato: the right pathogen, of the right plant, at the right time. *Molecular Plant Pathology*, 1(5), 263–275. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2000.00036.x>
- Pupo B., Y. G., Herrera, L., Vargas, B., Marrero, Y., Arévalo, R., & Jiménez, M. C. (2007). Efecto del extracto crudo de hojas de *Tagetes erecta* L. en el control de cuatro hongos patógenos de hortalizas "in vitro. *Centro Agrícola*, 34(4), 83–86.
- Purushothaman, D., & Chandra, M. (2022). Evaluation of Phytochemical Constituents and Antioxidant Activities of *Ricinus communis* L. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 15(12). <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2022.00959>
- Ramos-López, M. A., Pérez, S., Rodríguez-Hernández, C., Guevara-Fefer, P., & Zavala-Sánchez, M. A. (2010). Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9(9), 1359–1365. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- Rangel López, L., Zaragoza Bastida, A., Valladares Carranza, B., Peláez Acero, A., Sosa Gutiérrez, C. G., Hetta, H. F., Batiha, G. E. S., Alqahtani, A., & Rivero Perez,

- N. (2020). In vitro antibacterial potential of salix babylonica extract against bacteria that affect oncorhynchus mykiss and oreochromis spp. *Animals*, 10(8), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ani10081340>
- Raya-Pérez, J. C., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto J., Chablé-Moreno F., & Aguirre-Mancilla C. L. (2016). *Manejo agronómico de la higuierilla (Ricinuscommunis L.) Agronomic management of castor bean (Ricinuscommunis L.)*. www.riiit.com.mx
- Ribarova, F., Atanassova, M., Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. In *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* (Vol. 40). <https://www.researchgate.net/publication/258769164>
- Rivero-Perez, N., Hernández-Alvarado, J. L., Valladares-Carranza, B., Delgadillo-Ruiz, L., Ojeda-Ramírez, D., Sosa-Gutiérrez, C. G., Morales-Ubaldo, A. L., Vega-Sanchez, V., & Zaragoza-Bastida, A. (2019). Salix babylonica L. as a Natural Anticoccidial Alternative in Growing Rabbits. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2107231>
- Rodríguez Mejía, M. de L. (2010). *Enfermedades bacterianas en Hortalizas* (1st ed.).
- Rodríguez-Acosta, M., Merino, J., & Coombes, A. (2010). *Plantas de Importancia Económica en el Estado de Puebla*.
- Saadaoui, E., Martín, J., Ghazel, N., Romdhane, C., Massoudi, N., & Cervantes, E. (2015). Allelopathic Effects of Aqueous Extracts of Ricinus communis L. on the Germination of Six Cultivated Species. *International Journal of Plant & Soil Science*, 7(4), 220–227. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2015/16483>
- Saddiqe, Z., Nazir, A., & Sabir, M. (2020a). Allelopathic effect of Ricinus communis L. extracts on germination and seedling growth of Zea mays L. *Journal of Natural and Applied Sciences Pakistan*, 2(1), 232–242.
- Saddiqe, Z., Nazir, A., & Sabir, M. (2020b). Allelopathic effect of Ricinus communis L. extracts on germination and seedling growth of Zea mays L. *Journal of Natural and Applied Sciences Pakistan*, 2(1), 232–243.

- SAGARPA. (2018). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*.
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/garantiza-sagarpa-abasto-de-flor-de-cempasuchil-para-conmemoracion-del-dia-de-muertos-180624>
- Salehi, B., Valussi, M., Flaviana Bezerra Morais-Braga, M., Nalyda Pereira Carneiro, J., Linkoln Alves Borges Leal, A., Douglas Melo Coutinho, H., Vitalini, S., Kregiel, D., Antolak, H., Sharifi-Rad, M., Cristina Cirone Silva, N., Yousaf, Z., Martorell, M., Iriti, M., Carradori, S., & Sharifi-Rad, J. (2018). Tagetes spp. Essential oils and other extracts: Chemical characterization and biological activity. In *Molecules* (Vol. 23, Issue 11). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/molecules23112847>
- Salihu, B. Z., Gana, A. K., & Apuyor Benson O. (2014). Castor Oil Plant (*Ricinus communis* L.): Botany, Ecology and Uses. *International Journal of Science and Research*, 3(5), 1333–1341. www.ijsr.net
- Soto García, M., & Rosales Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxylla*. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 18(4), 701–714.
<https://doi.org/10.4067/s0718-221x2016005000061>
- Spínola, V., & Castilho, P. C. (2017). Evaluation of Asteraceae herbal extracts in the management of diabetes and obesity. Contribution of caffeoylquinic acids on the inhibition of digestive enzymes activity and formation of advanced glycation end-products (in vitro). *Phytochemistry*, 143, 29–35.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.07.006>
- Steinmann, V. W. (2002). Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana*, 61, 61–93.
- Surco-Laos, F., García, J., Valle-Campos, M., Panay-Centeno, J. F., Bonifaz-Hernandez, M., Melgar Merino, E. J., Cuba-Garcia, P. A., Sullón-Dextre, L., & Alvarado, A. T. (2022). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante in vitro

- del extracto etanólico e hidroalcohólico de *Ricinus communis* L. (Higuerilla). *Revista Cubana de Farmacia*, 55(4). <https://orcid.org/0000-0003-0805-5535>
- Suteu, D., Rusu, L., Zaharia, C., Badeanu, M., & Daraban, G. M. (2020). Challenge of utilization vegetal extracts as natural plant protection products. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 24, pp. 1–21). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app10248913>
- Suurbaar, J., Mosobil, R., & Donkor, A. M. (2017). Antibacterial and antifungal activities and phytochemical profile of leaf extract from different extractants of *Ricinus communis* against selected pathogens. *BMC Research Notes*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13104-017-3001-2>
- Teffo, L. S., Aderogba, M. A., & Eloff, J. N. (2010). Antibacterial and antioxidant activities of four kaempferol methyl ethers isolated from *Dodonaea viscosa* Jacq. var. *angustifolia* leaf extracts. *South African Journal of Botany*, 76(1), 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.06.010>
- Villavicencio-Nieto, M., Martínez, A., & Pérez-Escandón, B. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, 30, 193–238.
- Wadankar, G. D., Khanzode, M. S., Mahale, B. K., & Gavhale, A. P. (2022). Phytochemical Screening of *Ricinus communis* and *Erigeron bonariensis*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7(3), 79–83. <https://doi.org/10.22161/ijeab>
- Wang, S., Yao, J., Zhou, B., Yang, J., Chaudry, M. T., Wang, M., Xiao, F., Li, Y., & Yin, W. (2018). Bacteriostatic effect of quercetin as an antibiotic alternative in vivo and its antibacterial mechanism in vitro. *Journal of Food Protection*, 81(1), 68–78. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-214>
- Waterman, P., & Mole, S. (1994). Análisis de metabolitos de plantas fenólicas. *Blackwell Scientific*, 73–99.
- Zaher, A. M., Malak, Y. A., Mohamed, K. M., & Abd El-Mawla, A. M. A. (2023). Cytotoxic and antimicrobial effects of selected egyptian asteraceae species as

well as GC-MS metabolite profiling of senecio cruentus lipophilic fraction. In *Bull. Pharm. Sci., Assiut University* (Vol. 46, Issue 1). <http://bpsa.journals.ekb.eg>

Zamora-Natera, F., García-López, P., Ruiz-López, M., & Salcedo-Pérez, E. (2008). Composición de alcaloides en semillas de *Lupinus mexicanus* (Fabaceae) y evaluación antifúngica y alelopática del extracto alcaloideo. *Agrociencia*, 42, 185–192.

Zaragoza-Bastida, A., Flores-Aguilar, S. C., Aguilar-Castro, L. M., Morales-Ubaldo, A. L., Valladares-Carranza, B., Rangel-López, L., Olmedo-Juárez, A., Rosenfeld-Miranda, C. E., & Rivero-Pérez, N. (2020). Antibacterial and hemolytic activity of *Crotalus triseriatus* and *Crotalus ravus* venom. *Animals*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/ani10020281>

12. Anexo

1. Compuestos de hoja de *R. communis*

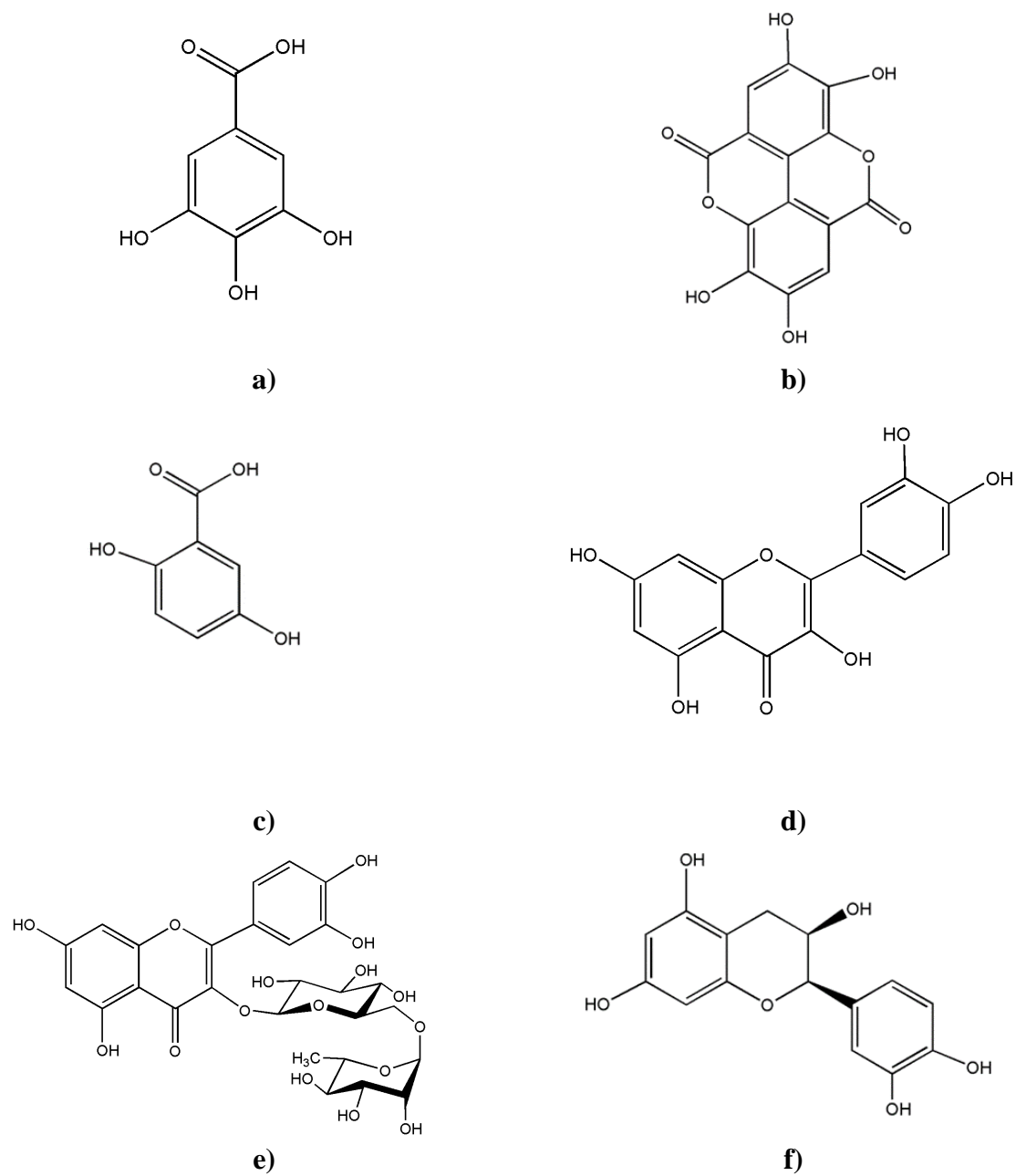


Figura 1. Algunos compuestos fenólicos aislados de *R. communis* en el extracto de hojas con metanol:agua 8:2. a) ácido gálico, b) ácido eláxico, c) ácido gentísico, d) quercetina, e) rutina, f) epicatequina.

2. Memoria de congreso Academia Journals Hidalgo 2022

Evaluación de la Actividad Antibacteriana del Extracto Hidroalcohólico de Hoja de *Ricinus communis* L. sobre Bacterias Fitopatógenas

Ing. Alexandra Hernández García¹, Dra. Eliazar Aquino Torres²,
Dra. Nallely Rivero Pérez³, Dra. Mariana Saucedo García⁴, Dr. Alfredo Madariaga Navarrete⁵ y Dra. Judith Prieto Méndez⁶

Resumen— Las infecciones causadas por bacterias fitopatógenas generan pérdidas económicas en los cultivos durante el crecimiento de las plantas, maduración en campo y el manejo pos-cosecha. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antibacteriana *in vitro* del extracto hidroalcohólico de *Ricinus communis* sobre bacterias fitopatógenas como *Clavibacter michiganensis* sbsp. *michiganensis*, *Pseudomonas syringae* y *Xanthomonas campestris*, el extracto se obtuvo mediante la técnica de maceración hidroalcohólica, la actividad antibacteriana se determinó mediante la técnica de Microdilución en placa con la cual se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) de las tres cepas bacterianas. La que mostró una mejor actividad fue *Xanthomonas campestris*, con la cual presentó una CMI de 1.36 mg/mL y una CMB de 2.73 mg/mL.

Palabras clave— *Ricinus communis* Actividad antibacteriana, Bacterias fitopatógenas, Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), Concentración Mínima Bactericida (CMB).

Introducción

La agricultura moderna conlleva una sucesión de problemas de tipo económico, social, ambiental, algunas veces asociados a la presencia de microorganismos patógenos, como las bacterias (Conway y Barbier, 2013), entre las que se encuentran los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Clavibacter*; *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* causa una severa enfermedad en los cultivos de jitomate que en muchos casos es difícil de controlar cuando las condiciones ambientales de humedad y clima templado son favorables para su desarrollo, por lo que es posible que pueda sobrevivir de una temporada a otra en los restos de cultivos, esta bacteria se transmite por las semillas, así como por salpicaduras de lluvia o riego por aspersión, herramientas y equipos, asimismo *Xanthomonas campestris* es una enfermedad importante en el tomate y pimiento, destructiva sobre todo en climas cálidos con lluvias frecuentes y nublado fuerte reduciendo la producción en un 50%, se transmite por semillas que se contaminan durante la extracción, por su parte *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* tiene un efecto devastador en los cultivos de jitomate bajo condiciones de invernadero, el patógeno se transmite por semillas y puede sobrevivir en restos de plantas infectadas y malezas hospedantes, en superficies y suministros de producción, aunque también se puede transmitir de una planta a otra en las manos de los trabajadores y mediante salpicaduras de agua y poda (Mejía, 2011).

Por lo cual, durante los últimos años, los productos sintéticos comerciales han sido una de las estrategias más utilizadas por los agricultores para controlar estas enfermedades, sin embargo, el uso repetitivo de estos productos ha inducido la resistencia de bacterias, la alteración del equilibrio de los ecosistemas terrestres y acuáticos, muerte de animales domésticos e intoxicación en humanos, por lo anterior se han replanteado las estrategias de manejo integrado. Actualmente, existe una extensa investigación en la búsqueda de compuestos activos más efectivos contra los patógenos y a la vez más amigables con el medio ambiente, el ser humano y que no generen resistencia entre los microorganismos, una de las alternativas son los metabolitos secundarios de plantas con características antibacterianas biodegradables y asequibles, que aprovechan la defensa química de las plantas. Entre las plantas que se han reportado por sus usos medicinales y que podría tener un potencial para la evaluación contra microorganismos fitopatógenos es *Ricinus communis* L. conocida comúnmente también conocida como higuera, ricino, higuera, castor o tártago

¹ Alexandra Hernández García es Estudiante de la Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. he202739@uaeh.edu.mx

² La Dra. Eliazar Aquino Torres es Profesora Investigadora del Instituto de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. eaquino@uaeh.edu.mx

³ Dra. Nallely Rivero Pérez es Profesora Investigadora del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. nallely_rivero@uaeh.edu.mx

⁴ La Dra. Mariana Saucedo García es Profesora Investigadora del Instituto de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. saucedo@uaeh.edu.mx

⁵ El Dr. Alfredo Madariaga Navarrete es Profesor Investigador del Instituto de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx

⁶ La Dra. Judith Prieto Méndez es Investigadora, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. jprieto@uaeh.edu.mx

2. Certificado de participación

 Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo

 ACADEMIA JOURNALS

 PRODUCTOS Y SERVICIOS ESTRATÉGICOS PARA INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PYSEIP
CENTRO DE INVESTIGACIÓN

Congreso Internacional de Investigación de
Academia Journals Hidalgo 2022

CERTIFICADO

otorgado a

Ing. Alexandra Hernández García
Dra. Eliazar Aquino Torres
Dra. Nallely Rivero Pérez
Dra. Mariana Saucedo García
Dr. Alfredo Madariaga Navarrete
Dra. Judith Prieto Méndez

por su artículo titulado

Evaluación de la Actividad Antibacteriana del Extracto Hidroalcohólico de Hoja de Ricinus communis L. sobre Bacterias Fitopatógenas

(Artículo No. HHH118)

La ponencia correspondiente fue presentada en el congreso desarrollado los días 19, 20, y 21 de octubre de 2022, teniendo como sede las magníficas instalaciones de la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo. El artículo está incluido en las siguientes publicaciones: (1) en el portal de Internet AcademiaJournals.com, con ISSN 1946-5351 online, Vol. 14, No. 08, 2022 e indexación en la base de datos [Fuente Académica Plus de EBSCOHOST](#), Massachusetts, Estados Unidos y (2) en el libro digital ebook titulado *Investigación para el Fortalecimiento de la Sociedad – Hidalgo 2022* con ISBN 978-1-939982-78-0 online.

Los organizadores del congreso reconocen la participación de los autores en el congreso, agradeciendo sus contribuciones.

DR. RAFAEL MORAS, P.E.
Editor, Academia Journals

HHH118 

Congreso Academia Journals Hidalgo 2022
<https://www.academiajournals.com/Hidalgo>

