

Capacidad Antimicrobiana de Cinco Aceites Esenciales de Plantas Aromáticas en Escárcega, Campeche, México

Maximiliano Vanoye Eligio (Doctor en Ciencias)

Blanca del Rosario Martín Canché (Maestra en Gestión y Administración de Proyectos)

José Carlos Pech Ferrer (Ingeniero en Alimentos)

Martín Gabriel Chan Palomo (Ingeniero Químico Bromatólogo Biólogo)

José Alfredo García Vela (Ingeniero Bioquímico)

Katuska Alejandra Torres Sauri (Maestra en Educación)

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n entre 10-B. Col Unidad, Escuerzo y Trabajo No. 1. Escárcega, Campeche.

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n17p197](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n17p197)

Submitted: 24 November 2021

Accepted: 09 February 2022

Published: 31 May 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Vanoye Eligio M., Martín Canché. B, José Carlos. F, Chan Palomo M.G., Alfredo García Vela & Torres Sauri K.A., (2022). *Capacidad Antimicrobiana de Cinco Aceites Esenciales de Plantas Aromáticas en Escárcega, Campeche, México* European Scientific Journal, ESJ, 18 (17), 197.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n17p197>

Resumen

Los aceites esenciales son mejor conocidos como fracciones líquidas volátiles generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, estos son utilizados como alternativa de conservación de los alimentos debido a sus propiedades antimicrobianas que inhiben el crecimiento de cualquier agente contaminante. Por ello, el objetivo del trabajo fue evaluar la capacidad antimicrobiana de cinco aceites esenciales de especies aromáticas para la conservación de las frutas y verduras expuestas a condiciones ambientales propicias para la propagación de microorganismos. Para el logro de este trabajo de investigación se seleccionaron cinco especies de plantas aromáticas; pimienta (*Piper nigrum* L. 1753), ruda (*Ruta graveolens* L. 1753), zacate limón (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. 1906), zorrilla (*Cestrum racemosum* Ruiz and Pav. 1799) y albahaca (*Ocimum basilicum* L. 1753), en el municipio de Escárcega, Campeche, México. La extracción de aceites esenciales se realizó a partir de las hojas valorando su capacidad

antimicrobiana (desvío microbiano). Los resultados demostraron que cuatro de las cinco especies presentan actividad antimicrobiana principalmente; los aceites de albahaca y zorrilla en concentraciones de 1:5 y 1:10, inhibieron el crecimiento de microorganismos presentando un comportamiento antimicrobiano frente a las coliformes totales. Para el caso del zacate limón y la albahaca, ambos presentaron actividad fungicida, debido a la nula presencia de hongos y levaduras tras su aplicación. A diferencia de la ruda que en concentraciones menores no se recomienda para conservación de los alimentos, debido a que presentó crecimiento de microorganismos, siendo recomendada sólo para uso fungicida. Por tal motivo, las diluciones aplicadas con función antimicrobiana utilizadas para el recubrimiento de los alimentos son efectivas en altas concentraciones, según el análisis visual de la capacidad antimicrobiana en frutas y verduras, para el control de propagación microbiana. Por lo anterior se sugiere el uso de estos aceites esenciales en el control del crecimiento de los microorganismos expuestos a condiciones ambientales, propiciando la vida en anaquel de estos alimentos.

Keywords: efecto antimicrobiano; microorganismos; antifúngicos; frutas; Campeche

Antimicrobial Capacity of Five Essential Oils of Aromatic Plants in Escarcega, Campeche, Mexico

Maximiliano Vanoye Eligio (Doctor en Ciencias)

Blanca del Rosario Martín Canché (Maestra en Gestión y Administración de Proyectos)

José Carlos Pech Ferrer1 (Ingeniero en Alimentos)

Martín Gabriel Chan Palomo1 (Ingeniero Químico Bromatólogo Biólogo)

José Alfredo García Vela1 (Ingeniero Bioquímico)

Katiuska Alejandra Torres Sauri1 (Maestra en Educación)

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n entre 10-B. Col Unidad, Escuerzo y Trabajo No. 1. Escárcega, Campeche

Abstract

Essential oils are better known as volatile liquid fractions, generally distillable by steam distillation, these are used as an alternative for food preservation due to their antimicrobial properties that inhibit the growth of any contaminating agent. Therefore, the objective of the work was to evaluate the antimicrobial capacity of five essential oils of aromatic species for the

conservation of fruits and vegetables exposed to environmental conditions conducive to the propagation of microorganisms. For the achievement of this research work, five species of aromatic plants were selected; pepper (*Piper nigrum* L. 1753), rue (*Ruta graveolens* L. 1753), lemongrass (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. 1906), skunk (*Cestrum racemosum* Ruiz and Pav. 1799) and basil (*Ocimum basilicum* L. 1753), in the municipality of Escarcega, Campeche, Mexico. The extraction of essential oils was carried out from the leaves, assessing their antimicrobial capacity (microbial diversion). The results showed that four of the five species present mainly antimicrobial activity; basil and zorrilla oils at concentrations of 1:5 and 1:10, inhibited the growth of microorganisms, presenting antimicrobial behavior against total coliforms. In the case of lemongrass and basil, both presented fungicidal activity, due to the null presence of fungi and yeasts after their application. For this reason, the applied dilutions with antimicrobial function used for the coating of foods are effective in high concentrations, according to the visual analysis of the antimicrobial capacity in fruits and vegetables, for the control of microbial propagation. Therefore, the use of these essential oils is suggested to control the growth of microorganisms exposed to environmental conditions, favoring the shelf life of these foods.

Keywords: antimicrobial effect; microorganisms; antifungals; fruits; Campeche

Introducción

Los productos de origen natural han sido utilizados por el hombre desde tiempos remotos (Lahlou, 2004). Aunque los avances tecnológicos y de síntesis orgánica fina han desplazado su uso a través de sustancias artificiales, los consumidores hoy día prefieren los productos de origen natural. Esto ha dado paso a un desarrollo importante de la agroindustria de plantas aromáticas y medicinales a nivel mundial (Martínez, Stashenko, Castañeda & Muñoz, 2007). De igual manera, las plantas aromáticas presentan actividad antimicrobiana, por lo que los extractos y/o aceites esenciales obtenidos de cualquier órgano de diversas especies han sido evaluados para diversas aplicaciones (Ordaz *et al.*, 2011). Tal actividad antimicrobiana por lo general es atribuida a los compuestos fenólicos presentes (Adams, 2004; Ordaz *et al.*, 2011), los cuales son el producto final del metabolismo secundario de las plantas aromáticas (Alzamora, Morales, Armas & Fernández, 2001; Ordaz *et al.*, 2011). Los aceites esenciales son generalmente destilables por arrastre de vapor (Martínez, 2003; Maguna *et al.*, 2006); son importantes en las distintas áreas de la industria, teniendo como característica general un olor agradable,

aunque existen algunos de olor relativamente desagradable (ajo, cebolla). Además, se ha demostrado que los aceites esenciales presentan diversas cualidades antibacterianas, antifúngicas, antivirales, insecticidas y propiedades antioxidantes (Maguna *et al.*, 2006; Celis *et al.*, 2007; Olivero-Verbel *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2009; Hernández-Ochoa *et al.*, 2011). Se han hecho trabajos para demostrar tales cualidades, por ejemplo, con la menta (*Mentha piperita* L.), Orégano (*Origanum* sp.) y, salvia (*Salvia fruticosa* Mill) (Pitarokili *et al.*, 2002; İşcan *et al.*, 2002). Otros autores enumeran las propiedades como carminativos, antiinflamatorios, antiespasmódicos, antieméticos, analgésicos, emenagogos, estimulantes, antigripales, entre otros. Por su parte, Guerrero y Núñez García (1991) realizaron estudios con hojas de Orégano (*Origanum vulgare* L.) por su aplicación en el campo farmacéutico, debido a las propiedades tónicas, amargo-excitantes, antisépticas, diuréticas y antiespasmódicas. Paredes Aguilar *et al.* (2007) evaluaron el efecto antimicrobiano del orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) y su aceite esencial sobre especies de *Vibrio*. De la misma manera, García-Camarillo *et al.* (2006) reportaron que los aceites esenciales de canela y orégano presentaron un efecto antifúngico sobre *Aspergillus flavus* Link. Soliman y Badeaa (2002) detectaron que la canela inhibió completamente el desarrollo de *Aspergillus flavus* en unas dosis más altas. En otro estudio, Barrera y García (2018) demostraron que los aceites esenciales de *Cinnamomum zeylanicum* Blume, *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. et Perry y *Teloxys ambrosioides* L. Weber, inhiben el crecimiento micelial del hongo *Fusarium* sp. La capacidad antimicrobiana de los aceites esenciales ha sido demostrada por varios autores (Hernández Díaz & Rodríguez Jorge, 2001; Leyva *et al.*, 2009), por lo que son utilizados en diversos productos alimenticios (Moré Palos & Colom Gorgues, 2002; Ramírez *et al.*, 2009). Por otro lado, la aplicación de los aceites esenciales, específicamente en la conservación de frutas y hortalizas también ha sido demostrada; tal es el caso que los aceites esenciales presentes en las nueces muestran actividad antifúngica, (Vásquez-Barrios, Martínez-Peniche & Fernández-Escartín, 2001; Ruiqian *et al.*, 2004; Yazdanpanah *et al.*, 2005). En este sentido, y con la finalidad de evitar la contaminación de frutas y verduras por microorganismos se ha utilizado como antimicrobianos naturales; el coriandro o cilantro (*Coriandrum sativum* L.), el romero (*Rosmarinus officinalis* Linn), la menta piperita (*Mentha piperita* L.), la salvia (*Salvia officinalis* L.) y el tomillo (*Thymus vulgaris* L.). En el estado de Campeche existe una gran variedad de plantas aromáticas, a las cuales no se les ha dado utilidad en la industria alimentaria y que pueden tener gran potencial como antimicrobianos en la conservación de frutas y hortalizas. Es por ello que la presente investigación es identificar la capacidad

antimicrobiana de cinco aceites esenciales y/o extractos de plantas aromáticas en Escárcega, Campeche.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio. El estudio se realizó en el municipio de Escárcega, Campeche, el cual cuenta con una selva mediana subperennifolia, con temperatura cálida sub-húmeda y lluvias en verano. Las especies vegetales predominantes son los árboles de Chechén, *Metopium brownei* (Jacq.); Chaca, *Bursera simaruba* (L.); Pukté, *Bucida buceras* L.; Jabín, *Piscidia piscibula* (L.); Chicle o chicozapote, *Manilkara zapota* (L.); Ramón, *Brosimum alicastrum* Sw.; Siricote, *Cordia dodecandra* A. y Yax-nik, *Vitex gaumeri* Greenm, entre otros (García-Ramírez *et al.*, 2016). En este tipo de vegetación crecen las especies de la Pimienta, *Piper nigrum* L.; Ruda, *Ruta graveolens* L.; Zacate limón, *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, y Zorrillo o Zorrilla *Cestrum racemosum*, las cuales fueron seleccionadas en este estudio.

Obtención de la materia prima. Para la obtención de la materia prima los ejemplares fueron colectados en diversos puntos de la ciudad, creciendo en vegetación secundaria, traspatios o huertos familiares.

Obtención de aceites esenciales. La obtención de los sustratos de prueba correspondiente a los aceites esenciales, inicia con el lavado de las hojas de cinco especies conocidas como: pimienta (*Piper nigrum*), ruda (*Ruta graveolens*), zacate limón (*Cymbopogon citratus*), zorrilla (*Cestrum racemosum*) y albahaca (*Ocimum basilicum*), colectadas en el municipio de Escárcega, Campeche, México. Posterior a la limpieza de las hojas se procede a la disección y ruptura de ellas para realizar una mezcla de los sólidos obtenidos con una parte proporcional de solvente que extraiga los aceites esenciales de interés para el estudio. La mezcla en estudio son contenidos en recipientes de laboratorio con graduación y tapa de cierre hermético. Los volúmenes del ítem para cada fracción vegetal en estudio, se preparan de acuerdo a las características estructurales de aceites que las contienen, por otra parte para el solvente de extracción se empleó alcohol etílico al 70 %, dentro de las siguientes consideraciones: en la extracción del material vegetal/etanol de la ruda, se consideró el macerado de 500 g de la hoja triturada con 350 ml de alcohol etílico, para el zacate limón se emplearon 600 g en 770 ml del solvente, en el caso del zorrillo se usó 650 g de material vegetal en 800 ml del alcohol, se consideraron 650 g de albahaca con 800 ml del solvente y 800 g de hojas de pimienta en maceración con 1,100 ml del disolvente. La extracción de los aceites ocurrieron al dejar reposar la mezcla por 30 minutos, posteriormente verter cada sobrenadante que integran los aceites extraídos, en

un embudo de extracción, donde se agita vigorosamente la mezcla por lapsos de 10 segundos durante 5 repeticiones, abriendo la llave para desfogue del embudo de extracción en cada una de cada repetición; la razón de agitación vigorosa de la mezcla es para romper aún más los ácidos grasos disueltos en el solvente utilizado, al término del proceso anterior se deja reposar la mezcla durante 24 horas para conseguir una mayor separación de los aceites extraídos. Pasado el tiempo de reposo de la mezcla, se filtró por medio de un embudo de porcelana buschner conteniendo una fibra de ceda y colectando el residuo en un matraz Kitasato para eliminar residuos de sólidos que afecten la calidad del aceite; en seguida, el aceite contenido en la disolución de extracción, se concentra más al destilar el alcohol excedente en la mezcla, por medio de un rotavapor durante 15 minutos a 70 °C y con rotación del matraz de mezcla a 20 RPM. Por último, el sustrato obtenido de la destilación se centrifuga por 30 minutos a 3,500 rpm como última etapa de purificación de los aceites de interés, donde se obtienen densidades de los sustratos entre 0.910-0.970 g/ml. A cada sustrato de aceite esencial obtenido se le realizó su capacidad antimicrobiana, respecto a bacterias coliformes totales; así como para hongos y levaduras. La muestra sometida a prueba se basó en poner en competencia la eficiencia del aceite esencial respecto al microorganismo de interés en una prueba de vaciado de placa aplicando metodologías descritas en normas oficiales mexicanas. La prueba de vaciado de placa establece preparar la muestra e inocular un mililitro de dicha muestra en una placa Petri de 90 X 18 mm con aproximadamente 20 ml del medio de cultivo correspondiente en una incubadora específica por el tiempo establecido por la metodología relacionada. La muestra se procesó por duplicado, empleando como control positivo el microorganismo a valorar y el control de esterilidad del medio de cultivo con la solución para disolver el sustrato en prueba. Dentro del mismo contexto, las determinaciones consideraron probar las diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000 del sustrato en solución estándar reguladora de fosfatos. En el caso de la capacidad antimicrobiana para coliformes totales se utilizó la metodología descrita en la NOM-113-SSA1-1994 con el medio de cultivo Agar Violeta Rojo Bilis, incubando a 35 ± 1 °C durante 24-48 horas. Para la capacidad antimicrobiana en hongos y levaduras se utilizó la metodología descrita en la NOM-111-SSA1-1994 con el medio de cultivo Papa Dextrosa Agar, incubando a 25 ± 1 °C durante 72-96 horas.

De igual forma se realizó la evaluación de apreciación visual de la capacidad antimicrobiana sobre frutas y verduras aplicando en distintas concentraciones 1:5, 1:10 respectivamente de aceite esencial, por medio de aspersión sobre productos agrícolas (mango y tomate), finalmente analizando visualmente de un rango de tiempo de 48 a 120 hrs post- aplicación la presencia o ausencia de

microorganismos en los alimentos. Cabe señalar que se utilizó como testigo al tomate para contrastar los resultados de la prueba experimental.

Como parte de la validación de resultados se empleó el ANOVA (análisis de varianza de dos vías), las cuales permitió evaluar diferencias significativas entre las diferentes concentraciones aplicadas en mango y tomate.

Resultados y discusión

En el presente estudio se analizó la actividad antimicrobiana de cinco aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas, siendo la albahaca y orégano las que han sido evaluadas ampliamente (De Souza Prestes et al., 2007; Murillo et al., 2008; Beltrán et al., 2010; González-Zúñiga et al., 2011; Rojas et al., 2012; Carrillo, 2020). De cada especie estudiada se obtuvo el aceite esencial para valorar la capacidad antimicrobiana. De las cinco especies, la *Ruta graveolens*, fue de la que se obtuvo mayor porcentaje de aceite (6%), seguida por la *Cestrum racemosum* y *Cymbopogon citratus* (5%), y al final la *Ocimum basilicum* y la *Piper nigrum* (4%). Por lo que la última especie, según (León Mendoza, C., 2017), menciona que no presenta inhibición significativa en el crecimiento micelial en las concentraciones empleadas en comparación con la especie de romero (*Rosmarinus officinalis*), a diferencia del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) inhibiendo el crecimiento micelial al 100% frente a los hongos fitopatógenos aislados en todas sus concentraciones. Sin embargo, se ha demostrado por (Navas & Morales, 2009), que sometiendo en distintas extracciones la *Piper nigrum*, se obtiene resultados significativos como efecto antimicrobiano, destacando que el mayor halo de inhibición lo presentó el extracto etanólico obtenido en el equipo Goldfish sobre el crecimiento de *Bacillus cereus* (18mm), seguido por el mismo extracto pero empleando el equipo Soxhlet sobre *Streptococcus spp.*, siendo una opción para emplearlas como inhibidor de bacterias en la industria alimentaria.

En distintas investigaciones han determinado que las especies en estudio ayudan a inhibir el crecimiento microbiano, como *Staphylococcus aureus*, *S. entérica*, *Listeria monocytogenes*, entre otras (Carrillo Valarezo, E. B., 2020). Finalmente, las concentraciones de los aceites extraídos de las especies en estudio, difieren en la inhibición de los microorganismos que afectan los alimentos, por lo que a mayor concentración se observó que inhiben casi en su totalidad el crecimiento microbiano. Por lo que es importante que, al momento de extraer aceites esenciales, estos mantengan una pureza de 95%, o en su caso realizar combinaciones a partir de este tipo de especies de plantas, lo cual incrementa su capacidad antimicrobiana (Corrales, 2018; Carrillo Valarezo, 2020).

Las pruebas microbiológicas indican que en general los aceites esenciales a altas concentraciones inhiben la actividad antimicrobiana. En el caso del aceite de zacate limón, este aceite cumple la función como fungicida en concentraciones de 1:5 y 1:10. En el caso del aceite de la albahaca en concentraciones de 1:5 y 1:10 presentó la misma situación del zacate limón como fungicida. De igual manera, los aceites esenciales presentaron un comportamiento antimicrobiano frente a las coliformes totales, los cuales se pueden presentar tanto en los alimentos como en el agua de consumo doméstico (Martín-Canché, *et al.*, 2021), la albahaca en concentraciones de 1:5 y 1:10 inhibió el crecimiento de dichos microorganismos. Los resultados de los aceites esenciales de zacate limón y albahaca coinciden con otros estudios, en los cuales se apreció visualmente que los aceites esenciales no permitieron el crecimiento de hongos y levaduras (Albado *et al.*, 2001; Gestélum *et al.*, 2007). Cabe señalar que la *Ocimum basilicum*, actuó tanto sobre la bacteria Gram positiva como sobre las Gram negativas, por lo que se concluye que dicha muestra inhibe dicho crecimiento (Rivas *et al.*, 2015). De acuerdo al desvío microbiano el aceite de ruda en concentraciones de 1:5 y 1:10 no presentó crecimiento de hongos y levaduras, sugiriendo que al no haber crecimiento en estas concentraciones se puede emplear como fungicida. Asimismo, esta especie a concentraciones de 1:5 inhibió el crecimiento de coliformes totales, mientras que a una concentración de 1:10 se observó crecimiento de coliformes totales, por lo que el aceite de ruda podría sugerirse como fungicida, pero no como bactericida. El efecto antifúngico de la ruda (*Ruta graveolens*) ha sido demostrado con otra especie de ruda (*Ruta chalepensis*) al inhibir el crecimiento de *Alternaria solani* Sorauer, hongo fitopatógeno que afecta principalmente a solanáceas y entre ellas al tomate y la papa (Duarte *et al.*, 2013).

Respecto a los análisis con el aceite de la zorrilla en las concentraciones de 1:5 y 1:10 se observó que no hubo crecimiento alguno de hongos, levaduras y coliformes totales, por lo que bajo estas condiciones se considera que el aceite de la zorrilla tiene efecto fungicida e inhibe el crecimiento de las coliformes totales. Además, de poseer propiedades como agentes antimicrobianos y conservadores de alimentos, es apreciado por su alto contenido en citral y amplia gama de componentes benéficos para la salud (Martínez *et al.*, 2018). Asu vez se reporta que los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y limoncillo (*C. citratus*) ocasionaron una inhibición total del crecimiento micelial in vitro de *C. acutatum* durante las primeras 72 horas de análisis, superando incluso la actividad mostrada por el Manzate® en las concentraciones evaluadas (Alzate *et al.*, 2009).

De manera general, los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por varios investigadores, ya que indicaron la presencia de actividad antimicrobiana en especies de la familia Lamiaceae (especie *Ocimum*). Por su parte, Pérez y Anesini (1994) estudiaron la actividad antibacteriana en extractos acuosos y obtuvieron resultados negativos y mostraron la actividad antimicrobiana del extracto en etanol al 40 % de las hojas del *Psidium guajava* L. observándose una respuesta de inhibición bacteriana en todos los casos.

Desvío microbiano. Además de conocer el porcentaje de aceites esenciales que contiene cada una de las especies que se estudiaron, se le realizó un desvío microbiano. Los resultados indican que la ruda fue la única especie que mostró contaminación, es decir, no presenta cualidades antimicrobianas, mientras que las otras cuatro especies (albahaca, pimienta, zacate limón y zorrilla) sí mostraron cualidades antimicrobianas. Por lo que, en el área de industria alimentaria, específicamente en la conservación a la intemperie de frutas y verduras los resultados no son concluyentes, ya que los factores ambientales afectan la estabilidad de los productos naturales. Con este estudio, solo se pueden proponer a estos aceites como candidatos para el desarrollo de productos aplicables a la conservación de alimentos.

Análisis visual de la capacidad antimicrobiana en frutas y verduras. La evaluación de la capacidad antimicrobiana sobre frutas y verduras de los aceites esenciales obtenidos en este estudio, se realizó mediante la observación visual, tras aplicarse por aspersion sobre dos productos agrícolas (mango y tomate). La observación visual realizada a las 48 horas post-aplicación demostró que en la gran mayoría de éstas no hubo crecimiento microbiano, excepto en los tomates rociados con ruda y albahaca en concentraciones de 1/10. Cabe mencionar que los tomates en donde se reportó crecimiento microbiano se detectaron que presentaban alteraciones en la parte externa del fruto, lo que favoreció un fácil y rápido crecimiento microbiano. Finalmente, en la observación realizada a las 120 horas no se detectó contaminación microbiana en las diferentes frutas y verduras rociadas con los aceites esenciales mencionados en sus diferentes concentraciones. Es necesario mencionar que en el testigo en tomate si se confirmó contaminación microbiana, lo que indica que los aceites esenciales si presentan capacidad antimicrobiana.

Análisis microbiológico mediante un ANOVA de dos vías. En relación al análisis microbiológico para determinar la capacidad antimicrobiana de cinco tipos de aceites esenciales el análisis de varianza (ANOVA) mostró que no existe diferencia significativa entre las diferentes concentraciones aplicadas de los diferentes aceites esenciales sobre mango y tomate como se muestra en el cuadro 3. En este mismo análisis se pudo observar que si existe diferencia significativa entre el efecto de los distintos los aceites esenciales, siendo que la capacidad antimicrobiana observada en tomate fue mayor al aplicar los aceites esenciales de albahaca, ruda y zorrilla. En el caso del mango, el aceite esencial de zacate limón fue el que mostró la mayor significancia, ya que en las tres concentraciones aplicadas no se detectó crecimiento microbiano. Los resultados fueron similares a otros estudios relacionados con el aceite esencial de la albahaca (Beltrán et al., 2010). En relación a la ruda (*Ruta graveolens* L.), la cual presenta diversos metabolitos secundarios, fumarocumarinas, alcaloides y flavonoides (García Luján, Martínez et al., 2010), los estudios encontrados son pocos o casi nulos. En el caso de la zorrilla esta especie no ha sido estudiada con fines de uso en la industria alimentaria, sin embargo, los resultados en el estudio arrojaron datos similares para albahaca y orégano. Respecto al zacate limón (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf), presentó valores favorables en cuanto a su actividad antimicrobiana, como se ha reportado en estudios anteriores (Hernández et al., 2001), en el que se observó la inhibición del crecimiento de *Bacillus subtilis* y el hongo dermatofito *T. mentagrophytes*. También, se demuestra que frente a *Lactobacillus acidophilus* y a *Candida albicans* el mayor efecto lo tuvo la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*). El aceite esencial de orégano y hierba luisa tienen mayor efectividad antibacteriana y antifúngica a diferencia de los controles positivos empleados en el estudio (Maraví Inga, 2012).

Cuadro 1. Análisis de varianza de dos vías para determinar la capacidad antimicrobiana de cinco aceites esenciales a diferentes concentraciones.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS VÍAS A LAS 48 HORAS EN MANGO

	<i>Fcal</i>	<i>Valor crítico para F Tablas</i>
Aceites Esenciales	8.5	3.83785335
Concentraciones	1	4.45897011

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS VÍAS A LAS 48 HORAS EN TOMATE

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Fcal</i>	<i>Valor crítico para F Tablas</i>
Aceites Esenciales	10	3.83785335
Concentraciones	1	4.45897011

Conclusiones

El estudio contribuyó al conocimiento de algunas de las especies aromáticas que crecen en la región. La efectividad antimicrobiana que presentaron las especies en estudio ante cierto tipo de bacterias y hongos se pudo comprobar a través de pruebas microbiológicas. Cuatro especies se consideran que presentan excelentes resultados para ser utilizados en manejo poscosecha de frutas y verduras de la región. Sin embargo, es necesario realizar pruebas microbiológicas y nuevos bioensayos para identificar específicamente a los microorganismos que pudieran inhibir, así como su eficacia biocontroladora bajo las condiciones ambientales naturales de los sitios en donde se aplicarían.

Agradecimientos

A la facilidades y apoyos otorgados al Proyecto “Capacidad Antimicrobiana de Aceites Esenciales y/o extractos vegetales de especies aromáticas silvestres en el almacenamiento de frutas y verduras en Escárcega, Campeche, el cual fue aprobado ante TecNM con clave 260.15-PD. Asimismo, al Instituto Tecnológico Superior de Escárcega por brindar su apoyo en la ejecución del proyecto.

References:

1. Adams, R. P. (2004). Identification of essential oil components by gas chromatography/quadropole mass spectroscopy, Allured Publishing Corporation, *Carol Stream*, Illinois, 456 p. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-feb7acb0-2895-33d8-8f72-32d49950ead1>.
2. Albado Plaus, E., Saez Flores, G., & Grabiél Ataucusi, S. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Medica Herediana*, 12(1), 16-19. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1018-130X2001000100004&script=sci_arttext.
3. Alzamora, L., Morales, L., Armas, L., & Fernández, G. (2001). Actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas. *An. Fac. Med.*, 62, 156-161. <http://www.redalyc.org/pdf/379/37962208.pdf>.
4. Alzate, D. A., Mier, G. I., Afanador, L., Durango, D. L., & Garcia, C. M. (2009). Evaluación de la fitotoxicidad y la actividad antifúngica contra *Colletotrichum acutatum* de los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*), limoncillo (*Cymbopogon citratus*), y sus componentes mayoritarios. *Vitae*, 16(1), 116-125.

5. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000100014
6. Barrera Necha, L. L., & García Barrera, L. J. (2018). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. Aislado de papaya (*Carica papaya*). *Revista UDO Agrícola*, 8(1), 33-41. <http://e.freewebhostingarea.com/outside-access-blocked/insert-it-into-a-webpage-under-the-same-account.gif>.
7. Beltrán Cifuentes, M. C., Peláez Gutiérrez, E. C., Estrada Álvarez, J. M., Escobar Ríos, J. A., Serna Ángel, L., & Ríos Morales, D. (2010). Estudio farmacognóstico para el cuidado de la salud a partir de aceites esenciales obtenidos por destilación de arrastre de vapor. *Investigaciones Andina*, 12(20), 8-18. <http://www.scielo.org.co/pdf/inan/v12n20/v12n20a02.pdf>
8. Celis, C. N., Escobar Rivero, P., Isaza, J. H., Martínez, J. R., & Stashenko, E. (2007). Estudio comparativo de la composición y actividad biológica de los aceites esenciales extraídos de *Lippia alba*, *Lippia organoides* y *Phyla dulcis*, especies de la familia Verbenaceae. *Scientia et Technica*, 1(33), 38-47. <http://www.redalyc.org/pdf/849/84903324.pdf>
9. Carrillo Valarezo, E. B. (2020). Evaluación de la capacidad inhibitoria de mezcla de aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*) y orégano (*Origanum vulgare*) en *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella typhimurium* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química). <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50594>
10. Corrales, A. (2018). Microorganismos asociados a daños en frutas y vegetales frescos en una planta de procesamiento (Doctoral dissertation, Universidad de Panamá). <http://up-rid.up.ac.pa/1490/1/anel%20corrales.pdf>
11. De Souza Prestes, L., Frascolla, R., Santin, R., Ziemann dos Santos, M. A., Costa Schram, R., Alves Rodrigues, M. R., ... & Araújo Meireles, M. C. (2008). Actividad de extractos de orégano y tomillo frente a microorganismos asociados con otitis externa. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13(4), 0-0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962008000400003&script=sci_arttext&lng=en
12. Duarte, Y., Pino, O., Infante, D., Sánchez, Y., Travieso, M. D. C., & Martínez, B. (2013). Efecto in vitro de aceites esenciales sobre *Alternaria solani* Sorauer. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 54-

59. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100007.
13. García López, A., Vizoso Parra, Á., Ramos Ruiz, A., & Piloto, J. (2000). Estudio toxicogénico de un extracto fluido de *ocimum basilicum* L. (albahaca blanca). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5(3), 78-83. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962000000300002&script=sci_arttext&tlng=en.
14. García Luján, C., Martínez, A., Ortega, J. L., & Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2). <http://www.redalyc.org/pdf/863/86314868005.pdf>.
15. García-Ramírez, M. D. J., Ruíz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J. M., & Khalaim, A. I. (2016). Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Escarcega, Campeche, Mexico: new records of species. *CienciaUAT*, 10(2), 6-12.
16. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200778582016000100006&script=sci_abstract&tlng=en
17. García-Camarillo, E. A., Quezada-Viay, M. Y., Moreno-Lara, J., Sánchez-Hernández, G., Moreno-Martínez, E., & Pérez-Reyes, M. C. (2006). Actividad antifúngica de aceites esenciales de Canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y Orégano (*Origanum vulgare* L.) y su efecto sobre la producción de Aflatoxinas en Nuez Pecanera [*Carya illinoensis* (F.A. Wangenh) K. Koch] *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24 (1), 8-12. <http://www.redalyc.org/pdf/612/61224102.pdf>.
18. González-Zúñiga, J. A., González-Sánchez, H. M., González-Palomares, S., Rosales-Reyes, T., & Andrade-González, I. (2011). Microextracción en fase sólida de compuestos volátiles en albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Universitaria*, 21(1), 17-22. <http://www.redalyc.org/html/416/41618395001/>.
19. Guerrero, L., & Núñez García, M. J. (1991). Obtención de Aceites Esenciales de Eucalipto y Orégano. *Industria Farmacéutica*, 1, 73-79.
20. Hernández Díaz, L., & Rodríguez Jorge, M. (2001). Actividad antimicrobiana de plantas que crecen en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 6(2), 44-47. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962001000200002.
21. Hernández-Ochoa, L., Gonzales-Gonzales, A., Gutiérrez-Mendez, N., Muñoz-Castellanos, L. N., & Quintero-Ramos, A. (2011). Estudio de la actividad antibacteriana de películas elaboradas con quitosano a

- diferentes pesos moleculares incorporando aceites esenciales y extractos de especias como agentes antimicrobianos. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(3), 455-463. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382011000300011&script=sci_arttext.
22. İşcan, G., Kirimer, N., Kürkcüoğlu, M., Başer, H. C., & DEMİrci, F. (2002). Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(14), 3943-3946. http://jonnsaromatherapy.com/pdf/GC-MS_Mentha_piperita_2002_01.pdf.
 23. Lahlou, M. (2004). Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 435-448. <http://johnsilvius.cedarville.org/2130/pet02.pdf>
 24. Leyva, M., Marquetti, M. C., Tacoronte, J. E., Scull, R., Tiomno, O., Mesa, A., & Montada, D. (2009). Actividad larvicida de aceites esenciales de plantas contra *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Rev Biomed*, 20, 5-13. <http://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2009/bio091b.pdf>.
 25. León Mendoza, C. (2017). Determinación de la acción antifúngica de los aceites esenciales de pimienta negra (*piper nigrum*), romero (*rosmarinus officinalis*) y orégano (*organum vulgare*) sobre hongos post cosecha en ají paprika (*capsicum annum* L.). <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/1000>
 26. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/1000>
 27. Maguna, F. P., Romero, A. M., Garro, O. A., & Okulik, N. B. (2006). Actividad Antimicrobiana de un grupo de Terpenoides. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas en Internet. Argentina: Facultad de Agroindustrias*. <http://200.45.54.140/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/08-Exactas/2006-E-057.pdf>
 28. Maraví Inga, G. G. (2012). Efecto antibacteriano y antifúngico del aceite esencial de *Mentha piperita* (menta), *Organum vulgare* (orégano) y *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175, *Lactobacillus acidophilus* ATCC 10746 y *Candida albicans* ATCC 90028.
 29. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/48>
 30. Martín-Canché B.R., Vanoye Eligio M., Chan Palom M.G., Guillen Taje J.L & Ángeles Aguilar Sánchez J. (2021). Análisis De Las Variables Físico-Químicas Y Microbiológicas De Las Lagunas Del

Municipio De Escárcega, Campeche, México. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 116.
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p116>

31. Martínez, J. R., Stashenko, E., Castañeda, M. I., & Muñoz, A. (2007). Estudio de la composición química y la actividad biológica de los aceites esenciales de diez plantas aromáticas colombianas. *Scientia et Technica*, 1(33), 165-166.
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5845>.
32. Martínez, M. A. (2003). Aceites Esenciales. *Facultad Química Farmacéutica*. Universidad de Antioquia. Medellín.
[http://www.academia.edu/download/34940812/ALCALOIDES .pdf](http://www.academia.edu/download/34940812/ALCALOIDES.pdf).
33. MARTINEZ, U. R., PALACIOS, M. E. A., RAMOS, D. H., & CASTILLO, G. Z. (2018). Viabilidad del uso de zacate limón (*Cymbopogon citratus*) en la elaboración de alimentos funcionales.
34. <http://189.240.194.249/handle/123456789/1201>
35. Moré Palos, E., & Colom Gorgues, A. (2002). Distribución comercial de plantas aromáticas y medicinales en Cataluña. Investigación agraria. *Producción y Protección Vegetales*, 17(1), 43-66.
http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/aromaticas_1161160167703.pdf.
36. Murillo, E., Fernandez, K., Sierra, D., & Viña, A. (2008). Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. II. *Revista Colombiana de Química*, 33(2), 139-148.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/viewFile/774/1251>.
37. Navas, M. C., & Morales, G. B. (2009). Comparación de dos equipos de extracción por reflujo en la actividad antibacteriana de los extractos acuoso, etanólico y clorofórmico de *Piper nigrum* L. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 705-710.
38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3358661>
39. Olivero-Verbel, J., Caballero-Gallardo, K., Jaramillo-Colorado, B., & Stashenko, E. (2009). Repellent activity of the essential oils from *Lippia origanoides*, *Citrus sinensis* and *Cymbopogon nardus* cultivated in Colombia against *Tribolium castaneum*, Herbst. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41(3), 244-250.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072009000300006.
40. Ordaz, G., D'Armas, H., Yáñez, D., & Moreno, S. (2011). *Helicteres guazumifolia* (Sterculiaceae), *Piper tuberculatum* (Piperaceae),

- Scoparia dulcis* (Arecaceae) y *Solanum subinerme* (Solanaceae), recolectadas en Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 59 (2), 585-595. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442011000200005&script=sci_arttext&tlng=en.
41. Paredes Aguilar, M. D. L. C., Gastélum Franco, M. G., Silva Vázquez, R., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2007). Efecto antimicrobiano del orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) y de su aceite esencial sobre cinco especies del género *Vibrio*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(3). <http://www.redalyc.org/html/610/61003008/>.
42. Pérez, C., & Anesini, C. (1994). Inhibition of *Pseudomona aeruginosa* by argentinian medicinal plants. *Fitoterapia*, 65, 169-72.
43. Pitarokili, D., Couladis, M., Petsikos-Panayotarou, N., & Tzakou, O. (2002). Composition and antifungal activity on soil-borne pathogens of the essential oil of *Salvia sclarea* from Greece. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(23), 6688-6691. <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf020422n>.
44. Ramírez, L. S., Isaza, J. H., Veloza, L. Í., Stashenko, E., & Marín, D. (2009). Actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Lippia origanoides* de diferentes orígenes de Colombia. *Ciencia*, 17(4), 313 – 321. <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9960>.
45. Rojas, M. M., Sánchez, Y., Abreu, Y., Espinosa, I., Correa, T. M., & Pino, O. (2012). Caracterización química y actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Ocimum basilicum* L. y *Ocimum basilicum* Var. *genovese* L. *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 130-134. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522012000200010&script=sci_arttext&tlng=pt.
46. Ruiqian, L., Qian, Y., Thanaboripat, D., & Thansukon, P. (2004). Biocontrol of *Aspergillus flavus* and aflatoxin production. *KMITL Science Journal*, 4, 1685-2044. <http://www.thaiscience.info/journals/Article/KLST/10424419.pdf>.
47. Rivas, K., Rivas, C., & Gamboa, L. (2015). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Multiciencias*, 15(3), 281-289.
48. <https://www.redalyc.org/pdf/904/904444727006.pdf>
49. Soliman, K.M., & Badeaa, R.I. (2002). Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1669-1675.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691502001205>.

50. Vásquez-Barrios, M.E., Martínez-Peniche, R., & Fernández-Escartín, E. (2001). Development of toxigenic *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* on kernels of native pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] genotypes under different water activities. *Scientia Horticulturae*, 89, 55-169.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423800002259>.

51. Yazdanpanah, H., Mohammadi, T., Abouhossain, G., & Cheraghali, A. M. (2005). Effect of roasting on degradation of aflatoxins in contaminated pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology*, 43, 1135-1139.

http://topnutakk.com/uploads/8/9/7/5/89751365/effect_of_roasting_on_degradation_of_aflatoxins_in_contaminated_pistachio_nuts.pdf