



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

TESIS

**Crecimiento y contenido de aceite esencial de romero
(*Rosmarinus officinalis* L.) cultivado
con nutrición orgánica-mineral**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE
PLANTAS MEDICINALES**

PRESENTA:

ING. NANCY ASUNCION CAMACHO CARDOSO

DIRECTOR DE TESIS: DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ

CODIRECTOR: DR. JOSÉ ANTONIO CHÁVEZ GARCÍA

CUERNAVACA, MORELOS

JUNIO DE 2023

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) quien fuera mi segunda casa de estudios.

Al Centro de Investigación en Biotecnología, en especial a la Maestría en Investigación y Desarrollo de Plantas Medicinales, por haberme aceptado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada Núm. 1087302 CVU del 01 de agosto del 2022 hasta el 31 de enero del 2023, para estudios de Maestría.

A mi tutor de tesis, el Dr. Porfirio Juárez López, quien me aceptó en su equipo de trabajo y me apoyó en el desarrollo de todo el proyecto, por resolver mis dudas en todo momento, por brindarme su amistad, por esa exigencia en su papel de docente.

A mi codirector de tesis el Dr. José Antonio Chávez García, por ayudarme en la fase experimental, sus observaciones me ayudaron a comprender esta parte importante del proyecto, le agradezco su amistad y paciencia.

Al Ing. Andrés Fierro Álvarez docente de la Universidad Autónoma Metropolitana, por prestarme su laboratorio para realizar las extracciones de aceite, por su apoyo y experiencia en aceites.

Al Ing. Carlos Alberto Monsalvo Castillo, por la paciencia y el tiempo para realizar cada muestra de romero, por su gran amistad, por asesorarme para utilizar el equipo de extracción.

A mi profesora de Procesos Tecnológicos, M.C Elaine, por su apoyo, por las herramientas que me proporciono en clase, me permitió obtener nuevos conocimientos enfocados a mi proyecto.

Al Dr. Alexander Taketa Cardoso, quien me brindó su apoyo cuando ingresé a la maestría, quien estuvo al pendiente para poder obtener una beca y continuar mis estudios.

Al Dr. Irán Tejacal y al Dr. Manuel de Jesús Sainz Aispuro, por su apoyo y observaciones en el proyecto, por la retroalimentación en cada seminario.

A la M. I. Ariadna Zenil Rodríguez, por su apoyo en cada tramite realizado, por resolver mis dudas, por su amistad, aunque le di lata siempre estuvo atenta conmigo, simplemente gracias.

Al Lic. Víctor, por su apoyo en la parte técnica en cada tutorial y trámite administrativo.

A la Lic. Sandra, por su atención y apoyo en mis trámites.

DEDICATORIA

“El secreto del éxito es el trabajo, esfuerzo, perseverancia y tomar buenas decisiones”
A Dios por permitirme seguir con vida ante una pandemia que se llevó a familiares y amigos, por darme una segunda oportunidad, por mantener a mi familia completa, por creer que existe la fe.

A mis Padres, Jovita Cardoso Rivera y Tomas Camacho García, por haberme dado la vida, por el esfuerzo que hicieron por mí, por los valores que me inculcaron, por esos regaños, por su tiempo, por sus consejos, pero sobre todo su afecto y comprensión.

A mi cuñada María Inés Chávez por su apoyo moral para continuar superándome como persona, como profesionista, como madre, por creer en mí y en este nuevo proyecto llamada Maestría, por que algún día me dijo que no era tarde para continuar, gracias.

A mi hermano José Luis Camacho por ser el mejor ejemplo de mi familia, por ser el mejor hermano, porque siempre nos enseña el valor de la vida, gracias.

A mi esposo Ulises Arroyo por su apoyo en cada una de las facetas de mi vida, por su comprensión, y por creer en mí.

A mis pequeños Danna, Samir quienes iniciaron conmigo este proyecto, por su comprensión, tolerancia, tiempo, y hacerme sentir valiente ante cualquier adversidad, gracias porque sin ustedes esto no hubiera sido posible.

A mi pedacito de sol, Lya, quien estuvo presente en cada una de mis clases, gracias pequeña.

A ti hermana Dorali, por tu apoyo en momentos difíciles, por creer en mí, por tus consejos, por tu comprensión y amor, por mantenerme de pie.

A mis Hermanos, Hugo Enrique, mi cuñada Paty por su apoyo moral y emocional, sus consejos.

A mis Hijos (Sobrinos), Luisito, Mateo, Santi, Emiliano y Luis Jesús por ser unos buenos niños y hacerme reír con sus ocurrencias y travesuras.

A mis plantas de romero que colaboraron conmigo y me dieron buen rendimiento de aceite y en todo el proceso se portaron bien.

A uno de mis mejores amigos, Carlos, quien sabía que estaba por iniciar un nuevo proyecto, esta pandemia te alejo de tus proyectos, amigo, colega, sé que desde donde estes me estas echando muchas porras, hoy sé que me estarías felicitando por este logro, algún día nos volveremos a encontrar.

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE CUADROS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
Aceites esenciales	10
Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales	12
Producción de romero	13
Métodos de extracción de aceites esenciales	14
Aplicaciones de los aceites esenciales en la industria	15
Nutrición orgánica-mineral.....	16
ANTECEDENTES	17
OBJETIVO E HIPÓTESIS	20
Objetivo.....	20
Hipótesis	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Localización	21
Material vegetal y trasplante	21
Tratamientos	22
Altura de planta (cm)	22
Peso de materia fresca o rendimiento (g).....	23
Peso de materia seca (g).....	23
Índice NDVI	24
Extracción de aceite de romero.....	24
Diseño experimental y análisis estadístico	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
Altura de planta.....	26
Peso de materia fresca y seca.....	28
Índice de vegetación NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)	30
Concentración de aceite esencial.....	31
Contenido de aceite esencial	32
CONCLUSIONES.....	35

LITERATURA CITADA.....	36
------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sectores y aceites esenciales.....	11
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de romero (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) en etapa vegetativa.....	9
Figura 2. Estructura de algunos metabolitos secundarios presentes en el romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	14
Figura 3. Plántula de romero lista para trasplante	21
Figura 4. Vista parcial del establecimiento del experimento en invernadero.....	22
Figura 5. Medición de planta.....	23
Figura 6. Secado de muestras.....	23
Figura 7. Muestras de romero secado.....	23
Figura 8. Toma de lectura NDVI.....	24
Figura 9. Pesado de planta de romero.....	25
Figura 10. Corte de romero.....	25
Figura 11. Preparación para extracción.....	25
Figura 12. Equipo destilador.....	25
Figura 13. Destilación de aceite de romero.....	26
Figura 14. Extracción de aceite de romero.....	26
Figura 15. Aceite de romero en frascos de color ámbar.....	26
Figura 16. Efecto de la relación lombricomposta: tezontle en altura de planta en romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.....	28
Figura 17. Efecto del sustrato lombricomposta: tezontle en peso seco seca en romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>). C. V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.....	29
Figura18. Efecto del sustrato lombricomposta:tezontle en índice verde normalizado. C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.....	31
Figura 19. Concentración de aceite esencial en romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.....	32
Figura 20. Contenido de aceite esencial en romero (<i>Rosmarinus officinaliss</i>). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.....	33

RESUMEN

El romero (*Rosmarinus officinalis* L.) es una planta aromática que se usa como condimento y con fines medicinales. Es un subarbusto perfumado que pertenece a la familia Lamiaceae. Los principios activos se concentran principalmente en las hojas. El objetivo fue evaluar el crecimiento y contenido de aceite esencial de romero cultivado con nutrición orgánica-mineral. Los tratamientos fueron dosis de lombricomposta en los siguientes porcentajes: 0, 20, 40, 60 80 y 100 %, y el sustrato que se utilizó para elaborar las mezclas fue tezontle. Las plantas se regaron con solución nutritiva de Steiner a 50 %. Las que se evaluaron fueron las siguientes: altura de planta (cm), peso de materia fresca o rendimiento (g), peso de materia seca (g), índice de vegetación NDVI, concentración (%) y contenido de aceite esencial (mL). La extracción de aceite esencial se realizó mediante la técnica de destilación por arrastre de vapor. El tratamiento que presentó el crecimiento fue la mezcla 40 % de lombricomposta y 60 % tezontle. La incorporación de 40 % de lombricomposta en el sustrato tuvo el mejor resultado, representando desde 1.3 hasta 1.7 veces más aceite esencial en comparación con los demás tratamientos. Se concluye que la mezcla de 40 % lombricomposta y 60 % tezontle favorece el crecimiento del cultivo de romero, expresado en mayor altura de planta, materia fresca y seca, así como mayor índice de vegetación NDVI. Este mayor crecimiento estuvo asociado también al mayor contenido de aceite esencial de romero.

Palabras clave: planta medicinal, nutrición de cultivos, lombricomposta.

ABSTRACT

Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) is an aromatic plant used as a condiment and for medicinal purposes. It is a fragrant subshrub that belongs to the Labiateae family. The active principles are mainly concentrated in the leaves. The objective was to evaluate the growth and essential oil content of rosemary cultivated with organic-mineral nutrition. The treatments were doses of vermicompost in the following percentages: 0, 20, 40, 60, 80 and 100 %, and the substrate used to prepare the mixtures was a volcanic rock called tezontle. The plants were irrigated with Steiner's nutrient solution at 50 %. The following were evaluated: plant height (cm), fresh matter weight or yield (g), dry matter weight (g), NDVI vegetation index, concentration (%) and essential oil content (mL). The extraction of essential oil was carried out by steam distillation technique. The treatment that presented the best growth was the mixture of 40% vermicompost and 60 % tezontle. The incorporation of 40 % vermicompost in the substrate had the best result, representing from 1.3 to 1.7 times more essential oil compared to the other treatments. It is concluded that the mixture of 40 % vermicompost and 60 % tezontle favors the growth of the rosemary crop, expressed in greater plant height, fresh and dry matter, as well as greater NDVI vegetation index. This higher growth was also associated with a higher content of rosemary essential oil.

INTRODUCCIÓN

Rosmarinus officinalis L., llamada popularmente como romero es una planta aromática conocida y utilizada desde la antigüedad como condimento y con fines medicinales (Vélez *et al.*, 2019). Es originario de las zonas del mediterráneo, sobre todo del sur de Europa, norte de África y suroeste de Asia, desde donde se introdujo el cultivo a América. La introducción del romero en Latinoamérica (Guatemala, México y otros países) llegó de la mano de los conquistadores españoles que utilizaban la planta para fines medicinales. Es una planta arbustiva que pertenece a la familia Lamiáceas, presenta tallos prismáticos, las hojas son estrechas, agudas y pequeñas, tienen forma de espigas de color verde brillante con márgenes revolutos y tallos leñosos y ramificados (Sotelo *et al.*, 2002). Su tamaño varía de 0.5 a 1.0 m de altura (Figura 1), florece dos veces al año, en primavera y otoño, sus flores se caracterizan por un color azul claro con pequeñas manchas violetas y se agrupan en inflorescencias densas (Khorshidi *et al.*, 2009).



Figura 1. Planta de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) en etapa vegetativa.

El uso de plantas medicinales es tan antiguo como la existencia de la humanidad. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor del 80% de la población mundial utiliza productos a base de hierbas medicinales (Djordjevic, 2017).

La práctica de la medicina herbaria se basa en el uso terapéutico de las plantas medicinales como sustitutas de las medicinas farmacéuticas o en combinación.

De las plantas se usan sus extractos en diversas formas de preparación, para mejorar el estado de salud (White *et al.*, 2004), existe un gran interés por la medicina tradicional (Martínez y Gómez, 2013), actualmente el uso de plantas medicinales se ha incrementado considerablemente como alternativa en el tratamiento de diversas enfermedades, ya que estas poseen varias ventajas sobre los medicamentos elaborados a partir de productos químicos (Sánchez-Aguirre *et al.*, 2021).

Los compuestos derivados de plantas se utilizan desde tiempos remotos para curar o aliviar las enfermedades dando lugar a los fitofármacos, suelen ser más tolerantes y menos tóxicos en comparación con los productos sintéticos y son apreciados por su bajo costo (Pascual *et al.*, 2014). Dentro de estos compuestos se encuentran los aceites esenciales y se han utilizado desde la antigüedad en la condimentación, la conservación de alimentos, la medicina y la perfumería (Cook y Lanaras, 2016).

El romero es una planta aromática que puede utilizarse fresca, seca, como extracto o aceite esencial debido a la riqueza de sus compuestos bioactivos. Las hojas de romero es el lugar donde se concentran los principios activos de la planta y poseen entre 1.0 y 2.5 % de aceite esencial, además de diterpenos, flavonoides y polifenoles (Vélez *et al.*, 2019).

Aceites esenciales

Los aceites esenciales, son productos naturales que forman un complejo de compuestos químicos, se presentan como líquidos volátiles y aromáticos. Estos se sintetizan y extraen de diferentes partes de la planta, como flores, brotes, semillas, hojas, tallos y corteza. Se utilizan en diversos campos, incluidas las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria (Patiño *et al.*, 2018). Los aceites esenciales se acumulan en tejidos secretores especializados, como pelos glandulares/conductos secretores/cavidades/células oleosas de la planta y son responsables de producir el aroma en las plantas aromáticas (Aqeel *et al.*, 2023).

Los aceites esenciales contienen muchos compuestos bioactivos (p. ej., terpenoides) que, además de su fragancia y sabor, también muestran una amplia gama de actividades y propiedades biológicas. Por ejemplo, algunas de estas propiedades son antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, insecticidas, repelentes de insectos, acaricidas, larvicidas, antihelmínticas, antiinflamatorias, citotóxicas, antibióticas, anticancerígenas, analgésicas y anestésicas locales. Como tal, estos productos naturales de más de 300 aceites esenciales son ampliamente utilizados en la industria de alimentos y bebidas; en la industria farmacéutica y medicina; en perfumería, cosmética y productos sanitarios (artículos de tocador); y en veterinaria y medicina alternativa (aromaterapia). Como los usos son muchos, es útil examinarlos a nivel general y luego centrarse en algunos avances recientes relacionados con la alimentación y la salud (Cook y Lanaras, 2016).

Cuadro 1. Sectores y aceites esenciales.

Sectores	Ramas	Aceites esenciales
Industria cosmética y de productos de aseo	Higiene personal, Jabones y detergentes, productos de belleza perfumes y afines, dentífricos	Cítricos, Eucalipto y derivados, mentas, lavandas, rosa, pachulí, Romero, salvia
Industria de alimentos	Bebidas tipo Cola Dulces, confitería Salsas, enlatados Bebidas alcohólicas Tabaco, Aromatizantes	Cítricos, Anís, hinojo, coriandro Oleorresinas, Flavours Vainilla, especias Mentas
Industria farmacéutica	Fitocosméticos cosmecéuticos Homeopatía Aromaterapia Fitofármacos	Cítricos, Limonaria, citronela Eucalipto y derivados, Lavanda, Romero, Salvia Geranio, Mentas

Fuente: (Stashenko, 2009).

De acuerdo con cifras de Persistence Market Research (2023) el consumo mundial de aceites esenciales se sitúa en 497.959 toneladas en 2022. Se prevé que el mercado mundial de aceites esenciales aumente con una tasa compuesta anual del 7.7 % para alcanzar una valoración de 39.140 millones de US\$ en 2032. En el mercado global de aceites esenciales, la región europea domina y se espera que su valor sea de US \$ 13.430 millones para fines de 2032.

Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales

Generalmente, los aceites esenciales son líquidos a temperatura ambiente. Su volatilidad o capacidad de evaporación al contacto con el aire, a dicha temperatura, la diferencia de los aceites fijos. Dentro de los compuestos aromáticos. El peso molecular se restringe a máximo 250 g/mol para que las sustancias puedan volatilizarse (Pauli, 2001).

Son fácilmente alterables o sensibles a la oxidación, aunque no se enrancian como los lípidos. Poseen tendencia a polimerizarse, dando lugar a la formación de productos resinosos, especialmente aquellos que contienen alcoholes terpénicos insaturados, variando su color, olor y viscosidad. Son aceites grasos, fácilmente solubles en solventes

orgánicos, como éter de petróleo, cloroformo, benzol o alcohol absoluto; y casi insolubles en agua, a la que comunican su olor. La densidad de los aceites esenciales varía de 0.84 a 1.18 g/cm³ siendo, la gran mayoría, menos densa que el agua. Posee un índice de refracción elevado, con un promedio de 1.5 y generalmente presentan actividad óptica (Pérez, 2006).

Las propiedades físicas de los aceites esenciales en general tienen las siguientes características: Aspecto oleoso, altamente volátiles, solubles en: Aceites, alcohol, éter de petróleo, tetracloruro de carbono y demás solventes orgánicos, insolubles en agua (aunque le transmiten su perfume), son inflamables, con densidad ligeramente inferior al agua (Rodríguez-Cabra *et al.*, 2017).

Producción de romero

En México el romero crece y es utilizado como planta medicinal en los estados de Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sonora, Tlaxcala, y Veracruz (Barni *et al.*, 2009) y es un cultivo con potencial de incrementar su superficie cultivada. De acuerdo con SIAP (2023) en el año 2019 se cultivaron 51.26 ha con una producción de 310.45 ton, un rendimiento de 6.06 t ha⁻¹, y valor de la producción de \$ 3,025,890.00 pesos, los estados productores fueron: Baja California Norte, Baja California Sur, Guanajuato, San Luis Potosí y el Estado de México, siendo este último el de mayor superficie sembrada (27.7 ha). En el Estado de Morelos se produce en Jojutla y en Amacuzac, sin embargo, aún no aparecen en las estadísticas oficiales.

En cuanto a los cultivares, se encuentran los siguientes: de Castilla, Silvestre, Andino, Griego, Alemán, Platinado, Crespo, Israelí, Debaggio, Benenden Blue, Tuscan Blue. Respecto al ambiente de cultivo, se señala que el romero puede ser plantado en un amplio rango desde los 0 hasta los 3000 msnm, tanto en campo abierto como bajo condiciones protegidas (Cortés-Rojas y Pérez-Trujillo, 2014).

Aceites esenciales de romero

El aceite esencial de romero es el componente más estudiado cualitativamente, algunas de las principales estructuras químicas activas. Se ha reportado que dependiendo el lugar geográfico donde crezcan las plantas tendrán cambios en cantidad y tipos de moléculas bioactivas presentes, por ejemplo, las variedades de romero originarias de Portugal se caracterizan por poseer altas cantidades de mirceno, mientras que en Francia es el alcanfor y en Marruecos el cineol los que se encuentran en mayor concentración (Al-Sereiti *et al.*, 1999).

El romero posee alrededor de un 0.5-2.5% de aceite esencial, conformado en su mayor parte por 1,8-cineol (15-50%), alcanfor (15-25%), α -pineno (10-25%), canfeno (5.2-8.6%) y borneol (3.2-7.7%). El aceite esencial de mayor calidad es obtenido de sus hojas, donde se encuentra la mayoría de los tricomas glandulares que lo secretan (Flores-Villa *et al.*, 2020).

En el área mediterránea se distinguen principalmente dos tipos de esencias de romero: los tipos Marruecos y Túnez, que tienen un elevado contenido de 1,8-cineol, y el tipo español, con menor contenido en 1,8-cineol. (López, 2008). La figura 2 muestra las estructuras de algunos metabolitos secundarios presentes en el romero. La producción de aceites esenciales en las plantas está influenciada principalmente por varios factores bióticos y abióticos, que a su vez afectan el rendimiento y los componentes bioactivos del aceite (Aqeel *et al.*, 2023).

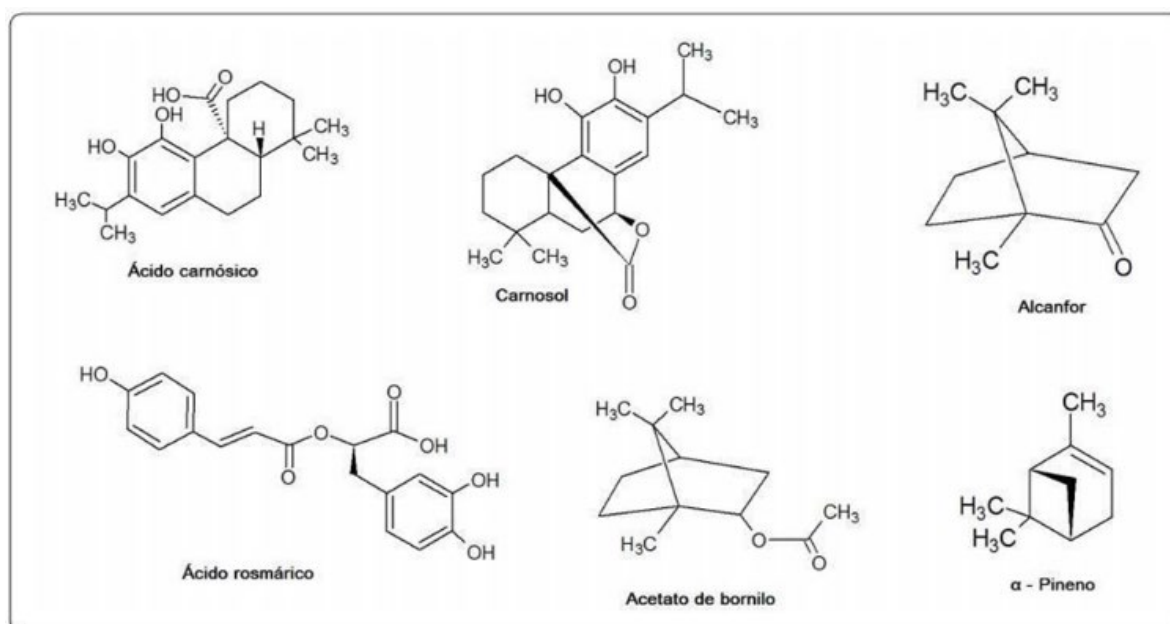


Figura 2. Estructura de algunos metabolitos secundarios presentes en el romero (Flores *et al.*, 2020).

Métodos de extracción de aceites esenciales

Existen varios métodos para extraer aceites esenciales, estos pueden incluir el dióxido de carbono líquido o microondas, aunque comúnmente se usa una destilación a baja o alta presión empleando agua hirviendo o a vapor de agua (Bakkali *et al.*, 2008).

La destilación por arrastre de vapor consiste en vaporizar dos líquidos inmiscibles a una temperatura menor a la ebullición de cada uno de los componentes volátiles presentes, usando para ello una corriente directa de agua de vapor. El vapor calienta la mezcla hasta su punto de ebullición y luego los vapores generados se condensan y finalmente los dos líquidos inmiscibles (agua y aceite esencial), se separan por

gravidad (Armijo *et al.*, 2012). Este método permite la máxima difusión del vapor a través del material vegetal, reduciendo los daños que pudieran sufrir los componentes de las esencias extraídas (Lamarque *et al.*, 2008).

El rendimiento obtenido en la extracción en general es muy variado entre 0,01% y 2% y varía en función de la composición de la planta, así como del método utilizado (Vélez *et al.*, 2019).

Según Werner (2005) menciona que existen factores que afectan el rendimiento de los aceites esenciales. Entre los factores que intervienen directamente en el rendimiento de la producción de aceites esenciales crudos se pueden enumerar los siguientes:

- Tipo de materia prima: se refiere a las características genéticas de la planta, ya que existe diferencia aún dentro de las diferentes familias; además la materia prima también está influida por el lugar y la época de producción, por la maduración o edad de la planta, de las hojas y por la limpieza en el corte, enfermedades de la planta, etc.
- Tiempo de secado: dependiendo de este tiempo de secado, la planta tendrá más o menos cantidad de agua por lo que el rendimiento se ve influido.
- Tamaño de partícula: el área de transferencia y la cantidad de compartimientos abiertos depende de ese factor, así como el flujo de vapor en los métodos de arrastre con vapor.
- Tiempo de extracción: se refiere al tiempo del proceso de extracción, en el cual el aceite de la planta es extraído gradualmente.

Aplicaciones de los aceites esenciales en la industria

Los aceites esenciales tienen un amplio rango de aplicación en la industria, proporcionan una vista general de su uso en las diferentes ramas de consumo (Díaz, 2007). Se emplean como principios activos o excipientes de medicamentos y en la industria agroalimentaria para producir bebidas y aromatizar alimentos. También tienen aplicación en la fabricación de perfumes, cosméticos, jabón, shampo o geles

limpiadores. Desde el punto de vista económico, es de gran interés en la industria de cosméticos, jabones, detergentes y perfumes (Ríos ,2015).

La planta de romero ejerce un efecto diurético, antiinflamatorio, antiulcerogénico y antioxidante. Algunos ensayos farmacológicos han demostrado que el aceite esencial, y varios de sus componentes aislados, relajan las musculaturas lisas traqueales intestinales y vasculares en animales de experimentación. Las hojas de romero contienen principios amargos, constituidos por diterpenos (picrosalvina, carnosol, isorosmanol, rosmadial, rosmaridifenol, rosmariquinona) y triterpenos (ácidos oleanólico y ursólico, y sus 3-acetil-ésteres). Asimismo, en su composición se encuentran flavonoides (cirsimarina, diosmina, hesperidina, homoplantiginina, fegopolina, nepetina y nepitrina) y polifenoles (ácido rosmarínico, ácido clorogénico, ácido cafeico y ácidos fenólicos derivados del ácido cinámico) (López 2008).

Nutrición orgánica-mineral

Los biofertilizantes, son preparados de microorganismos aplicados al suelo y planta con fines de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Éstos se consideran abonos orgánicos (Armenta *et al.*, 2010). Aunado a ello, los biofertilizantes son un complemento nutricional del cultivo (Svensson *et al.*, 2004). Si además se considera el hecho de que en el campo hay una marcada tendencia a disminuir el uso de agroquímicos por sus altos costos y daños al ambiente.

No obstante, la sola utilización de abonos orgánicos, en ocasiones no es suficiente para suplir las necesidades nutricionales de las plantas en grandes extensiones de cultivos. Además, Labrador (2001) indica que para suministrarle a las plantas de forma orgánica sus necesidades de los principales macronutrientes con el objetivo de obtener rendimientos comercializables, se necesitaría cantidades más elevadas de estos; por tanto, la combinación de fertilizantes minerales y abonos orgánicos ofrece condiciones ambientales ideales para los cultivos por el aporte de nutrientes y la incidencia positiva sobre la actividad microbiana, las propiedades del suelo y la movilización de distintos elementos minerales. En este sentido, una de las alternativas posibles de fertilización

es la llamada orgánica-mineral la cual logra un manejo sostenible de tierras y la preservación de recursos naturales. Asimismo, la hidroponía en invernadero ha mostrado tener efectos sobresalientes en la producción de cultivos como las hortalizas (Sánchez *et al.*, 2009). De esta manera la aplicación combinada de fertilizantes minerales complementado con fertilizantes digeridos es eficaz para aumentar la eficiencia de estos e incrementar el rendimiento de los cultivos (Gissén *et al.*, 2014).

La composta, cuando se mezcla con los medios de cultivo, es una fuente de fibra, es decir, un medio de enraizamiento, así como una fuente importante de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Por lo tanto, las mezclas de sustrato que contengan composta requirieren una ajustada debido a los nutrientes aportados (Gruda, 2019).

ANTECEDENTES

De acuerdo con Cortés-Rojas y Pérez-Trujillo (2014) el romero se destaca dentro de las plantas aromáticas por tener una variedad de compuestos químicos que le dan gran valor en el mercado mundial por sus propiedades. Puede ser comercializado en diferentes formas: en fresco, como producto deshidratado pulverizado y como aceite esencial. Además de sus conocidos usos en fresco y seco para la culinaria, el aceite esencial tiene una alta demanda, pues sus componentes pueden ser usados para la industria farmacéutica por sus propiedades analgésicas y antirreumáticas, en cosmética como ingrediente en productos para el cuidado y protección del cabello, en aromaterapia para la fabricación de productos de aseo por su fuerte y característico olor, en la industria de conservantes de alimentos por sus propiedades antioxidantes y para la protección de plantas cultivadas como repelente de insectos.

Flores-Villa *et al.*, 2020 refieren que el uso de las plantas ha acompañado el desarrollo de la humanidad a través del tiempo, hasta convertirse no sólo en una fuente de alimento, sino también, en una forma de tratar enfermedades o malestares, gracias a sus propiedades medicinales. De la gran diversidad de hierbas, que han sido usadas de forma tradicional en la mejora de la salud humana, destacan las pertenecientes a la familia Lamiaceae, resaltando la especie *Rosmarinus officinalis*, planta que ha ganado importancia en el campo de la investigación por sus diversos atributos

biológicos como: antiinflamatorio, antimicrobiano, antioxidante y anticancerígeno, entre otros; resultados que debe a sus metabolitos secundarios como: el ácido carnósico, el carnosol, el ácido rosmárico y el alcanfor, entre otros más, aunado a un potencial efecto cuando es aplicado.

La producción de alimentos y la gestión de residuos son dos problemas crecientes derivados del aumento de la población mundial. El reciclaje de residuos orgánicos en enmienda para la producción de alimentos parece aparecer como una oportunidad para resolver parcialmente este doble desafío.

El lombricompostaje es un proceso mediante el cual las lombrices transforman los residuos orgánicos en composta que puede utilizarse como sustrato para el crecimiento de las plantas (Blouin *et al.*, 2019). La presencia de microbiota y compuestos fenólicos en la lombricomposta ayuda a controlar eficazmente una serie de patógenos y plagas de plantas. Una serie de parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de varios cultivos se ven afectados positivamente por la lombricomposta. En la mayoría de los estudios, la lombricomposta, cuando se aplica en combinación con fertilizantes químicos u otros, ha demostrado ser un sustituto del uso de fertilizantes químicos solos. Sin embargo, se ha demostrado que es más eficaz que los fertilizantes químicos en pocos estudios. Al mismo tiempo, también es una herramienta eficaz para la gestión de residuos sólidos.

Como los fertilizantes orgánicos son de liberación lenta y deben aplicarse a granel debido a sus valores más bajos de N, P, K en comparación con los fertilizantes químicos, la aplicación de lombricomposta sola puede ser más costosa que la aplicación de fertilizantes químicos solos o la aplicación de lombricomposta en combinación con fertilizantes químicos (Fimbres, 2013; Joshi *et al.*, 2015). En los últimos años, se ha recomendado el uso de lombricomposta como fertilizante orgánico como un intento hacia una agricultura sostenible (Amooaghaie & Golmohammadi, 2017).

Coyotl *et al.* (2018) mencionan que la aplicación de biofertilizantes líquidos foliares en el cultivo de haba en suelo mejoro los rendimientos de grano, no así los fertilizantes

químicos. Sin embargo, en sustrato de tezontle los mejores rendimientos de grano del cultivo de haba fueron en sustrato de tezontle con una aplicación de fertilización orgánica-mineral completa.

Cruz *et al.* (2014) consideran que el sustrato de tezontle con lombricomposta favorece el crecimiento de la planta de chile serrano y la concentración nutrimental de fósforo y magnesio en el tejido foliar, mas no tuvo efecto en el rendimiento del fruto en comparación con el sustrato de tezontle, por lo que no se considera apto para la producción. Para el caso de plantas medicinales no se han implementado este tipo de nutrición, al analizar varios sistemas, se determinó combinar diferentes materiales, utilizando diferentes dosis no solo 50:50, esto nos permitiría obtener mejores resultados de nutrición vegetal en romero y mejores estándares de calidad en la planta, para poder procesarla, aparte de que sería totalmente orgánica y consumible.

Jordán *et al.* (2006) afirman que la constitución genética y las condiciones ambientales influyen en el rendimiento y la composición del aceite volátil producido por las plantas de tomillo. Por otro lado, Guerrero *et al.* (2011) indican que, en el cultivo hidropónico bajo invernadero de tomillo, se obtuvo una densidad de siembra mayor a la utilizada en campo abierto y se observó un incremento en el contenido de aceite esencial obtenido por m² con un alto porcentaje de timol.

Lo indiscutible, a la luz de la historia de la humanidad, es que ésta hizo uso de las esencias y que las utiliza cada vez más, con diversos fines y en diferentes escalas. En antiguas civilizaciones se extraían para perfumar, para curar algunas afecciones y en definitiva siempre para buscar una mejor calidad de vida. Actualmente está en franca expansión el uso de aceites esenciales naturales principalmente en la industria alimenticia, farmacéutica, perfumística y cosmética, en reemplazo de productos sintéticos (Ringuelet & Viña, 2013).

Por otro lado, en el Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA, 2006) informan que la calidad y la intensidad de los aceites esenciales varían debido a: Variedad de la planta, condiciones de cultivo, época de recolección, parte cosechada de la planta, manejo del material vegetal, métodos de extracción, otros. La cantidad de

principios activos (productividad) de las plantas medicinales y aromáticas están determinadas por los siguientes factores: Genético: Se le considera el factor principal (metabolismo secundario). Ontogenético: Varía de acuerdo con la edad y el estado de desarrollo de la planta. Ambiental: Los genes responsables de la producción de principios activos pueden ser activados o desactivados de acuerdo con las condiciones climáticas, nutricionales, y de ataque de plagas a que haya sido sometido el material vegetal.

JUSTIFICACIÓN

El uso excesivo de agroquímicos en la agricultura es un tema de preocupación a nivel mundial, debido al alto grado de contaminantes; además, de los problemas ambientales que estos pueden generar en los suelos agrícolas y aguas (superficiales y subterráneas) del planeta. Para reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente y en la inocuidad de los diferentes cultivos, se recomiendan sistemas de producción orgánica u orgánico mineral que supriman o reduzcan el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, entre otros.

La calidad del suelo definida por Karlen *et al.*, (1997) es la capacidad del mismo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o modificado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire, del agua, y sostener la salud humana y el hábitat, constituye un paradigma contemporáneo para monitorear los procesos de degradación y recuperación de los suelos.

La información de romero cultivado con nutrición orgánica-mineral y su efecto en el crecimiento y contenido de aceite esencial es limitada. Por lo que en la presente investigación se plantean el siguiente objetivo:

OBJETIVO E HIPÓTESIS

Objetivo

Evaluar el crecimiento y contenido de aceite esencial de romero cultivado con nutrición orgánica-mineral.

Hipótesis

La concentración 40 % de lombricomposta favorecerá el crecimiento y el contenido de aceite esencial en plantas de romero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo experimental del crecimiento de romero se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, localizado en Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México; a 18° 58' 51" LN, 99° 13' 55" LO y altitud de 1,866 m. Se utilizó un invernadero tipo túnel con cubierta plástica de color blanquecino y con malla antiáfidos en las paredes laterales

La obtención de aceite esencial de romero se realizó con un equipo de extracción por arrastre de vapor, en instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana de la Ciudad de México.

Material vegetal y trasplante

Se utilizaron esquejes enraizados de romero que se produjeron en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Una vez que las plántulas (Figura 3) estaban listos para el trasplante se colocaron en macetas de 5 L de capacidad.



Figura 3. Plántula de romero lista para trasplante.

Tratamientos

Los tratamientos fueron dosis de lombricomposta en los siguientes porcentajes: 0, 20, 40, 60 80 y 100 %, y el sustrato que se usó para elaborar las mezclas será tezontle con granulometría de 1 a 7 mm (Figura 4). Las plantas se regaron con solución nutritiva de Steiner a 50 % que equivale a 1.0 dS m^{-1} de conductividad eléctrica (Steiner, 1984). La solución nutritiva de Steiner al 50 % contiene (en mEq L^{-1}): NO_3 (6.0), H_2PO_4 (0.5), K (3.5), Ca (4.5), Mg (2.0) y SO_4 (3.5).

Para la preparación de las soluciones nutritivas se emplearán fertilizantes comerciales solubles para su uso en fertirriego: nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio y fosfato monopotásico. El pH de las soluciones nutritivas se ajustó entre 5.5 y 6.0 con ácido sulfúrico.

Como fuente de micronutrientes se utilizó una mezcla comercial Microsol Rexene[®] Mix SQM, a dosis de 4 g por cada 100 L de solución nutritiva. Se aplicaron riegos dos veces al día de acuerdo con los tratamientos.



Figura 4. Vista parcial del establecimiento del experimento en invernadero.

Las variables se midieron a los 120 días después del trasplante.

Altura de planta (cm)

Se tomó dos mediciones por planta desde la base hasta el ápice de la hoja, con una regla graduada en cm, cada semana desde el día del trasplante.



Figura 5. Medición de altura de planta.

Peso de materia fresca o rendimiento (g)

Se cosecharon tallos y hojas, y se cuantifico el peso con una báscula, con aproximación de 0.001 g.

Peso de materia seca (g)

La biomasa fresca cosechada (tallos y hojas) se secó en una estufa a 67 °C con aire forzado, durante tres días como se muestra en la Figuras 6 y 7.



Figura 6. Secado de muestras.



Figura 7. Muestras de romero secado.

Índice NDVI

Se determinó con el equipo GreenSeeker (Figura 8).



Figura 8. Toma de lectura de índice NDVI

Extracción de aceite de romero

Se realizó mediante la técnica de destilación por arrastre de vapor (Castillo y Mendoza, 2012). Este proceso consta de tres fases: selección, corte, mezclado y destilación (Figuras 9, 10 y 11). Se seleccionaron las hojas de romero (hojas con tallos), eliminando hojas extrañas, amarillentas y tierra que pudiera estar adherida. Para cada extracción se pesaron 200 g de romero en una balanza digital, el material vegetal se recortó a 2 cm para poder incorporarlo al matraz de fondo plano, al cual se le agregaron 2000 mL de agua, y se colocó en una parrilla eléctrica para que alcanzara una temperatura de 150 °C. (Figura 12). El tiempo para las extracciones fue de 90 min (Figuras 13 y 14). Finalmente, el aceite se colectó en un frasco de color ámbar (Figura 15).



Figura 9. Pesado de planta



Figura 10. Corte de romero.



Figura 11. Preparación para extracción



Figura 12. Equipo destilador.





Figura 13. Destilación de aceite de romero



Figura 14. Extracción de aceite de romero



Figura 15. Aceite de romero en frascos de color ámbar.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con 15 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en una bolsa que contenía una planta de romero. Los datos se sometieron a análisis de varianza y prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1 (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Se encontraron diferencias con nivel de significancia $P \leq 0.05$ en la variable altura de planta de romero, por el efecto de la mezcla de lombricomposta y tezontle (Figura 16). El tratamiento que presentó el mayor crecimiento fue el tratamiento 3 de la mezcla de 40 % de lombricomposta y 60 % de tezontle, con un incremento de 14 % sobre el tratamiento con 100 % de tezontle y 18.6% sobre el tratamiento 6 de 100 % de lombricomposta.

Es posible que algunas combinaciones de estos sustratos no favorezcan el óptimo desarrollo de la planta de romero, las características físicas y químicas del sustrato evidentemente afectan el desarrollo de la planta, por ejemplo, la acumulación de humedad en el sustrato.

La lombricomposta empleada en el presente estudio contiene, en porcentaje (%): N 2.94; P, 2.72, K, 1.40; Ca, 1.65; Mg, 1.65; materia orgánica 48.2 %, una conductividad eléctrica de 3.56 mS cm⁻¹ y pH de 7.2. Estudios reportados en Agexport (s.f) indican que el cultivo de romero responde bien a las aplicaciones de materia orgánica (gallinaza, lombricomposta, composta), además de incorporar fosfatos y sulfato de potasio. La lombricomposta aportó nutrimentos adicionales a los que se suministraron con la solución nutritiva de Steiner al 50 % provocando la variación en altura de las plantas de acuerdo a la dosis utilizada en cada tratamiento; al respecto, Gruda (2019) menciona que los recursos biológicos, por ejemplo, los desechos tratados y no tratados, así como las materias primas renovables, tienen un gran potencial para ser utilizados como constituyentes de medios de cultivo haciendo referencia en que la composta cuando se mezcla con los medios de cultivo, es una fuente de fibra, es decir, un medio de enraizamiento, así como una fuente importante de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Ese mismo autor reporta que, las mezclas de sustrato que contenían composta requirieron una fertirrigación ajustada debido a los nutrientes aportados por la composta.

Villegas-Cornelio y Laine (2017) indican que una de las aplicaciones de la lombricomposta, es en la agricultura convencional, como enmienda, abono o fertilizantes orgánicos, debido a sus cualidades agrícolas, que incluso son superiores a otras enmiendas orgánicas.

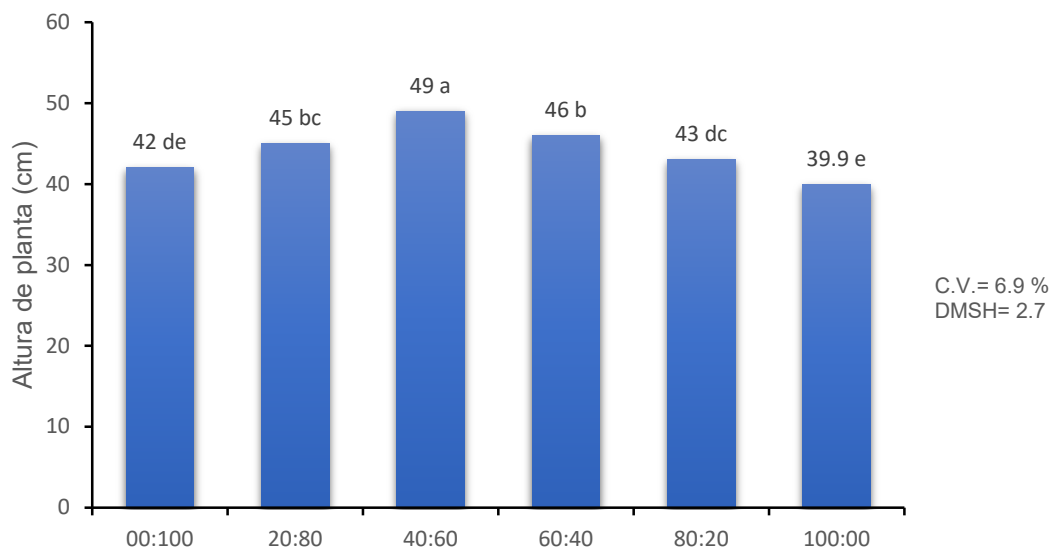


Figura 16. Efecto de la relación lombricomposta: tezontle en altura de planta en romero (*Rosmarinus officinalis*). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

Peso de materia fresca y seca

El comportamiento de la biomasa fresca es semejante a la variable anterior, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. La mejor dosis de lombricomposta: tezontle es la del tratamiento 3, que mostró un incremento sobre los demás tratamientos: 12.6 g, 11.2 g, 9.0 g, 9.6 g, 13.7 g del T1, T2, T4, T5, T6, respectivamente. Mientras que la variable de biomasa seca muestra un patrón de aumento con la presencia de lombricomposta en el sustrato hasta la proporción de 40:60 (lombricomposta:tezontle) (Figura 17.), lo que coincidió con los resultados de las variables anteriores, donde el mejor tratamiento es el T3 con un incremento de 1.7 veces más respecto al T1.

Es claro que la adición de lombricomposta al sustrato produjo una mejora en el desarrollo de la planta, sin embargo, la biomasa seca disminuyó gradualmente a partir del 60 % hasta el 100 % de lombricomposta en mezcla con tezontle. Figueroa *et al.* (2019) reportaron que la lombricomposta presentó mayor eficiencia utilizada como fertilizante orgánico, lo anterior se explica porque las lombrices se alimentaron de los

materiales orgánicos y los transformaron en compuestos mineralizados disponibles como elementos nutrimentales para el cultivo (fertilidad química y biológica). Por otro lado, Blouin *et al.* (2019) proporcionaron datos cuantitativos sobre el efecto de la lombricomposta en el crecimiento de las plantas mencionando que esta produjo aumentos promedio de 26% en el rendimiento comercial, 13% en la biomasa total, 78% en la biomasa de los brotes y 57% en la biomasa de las raíces, resaltando el efecto positivo de la lombricomposta sobre el crecimiento de las plantas alcanzando un máximo cuando la lombricomposta representó del 30 al 50% del volumen del suelo.

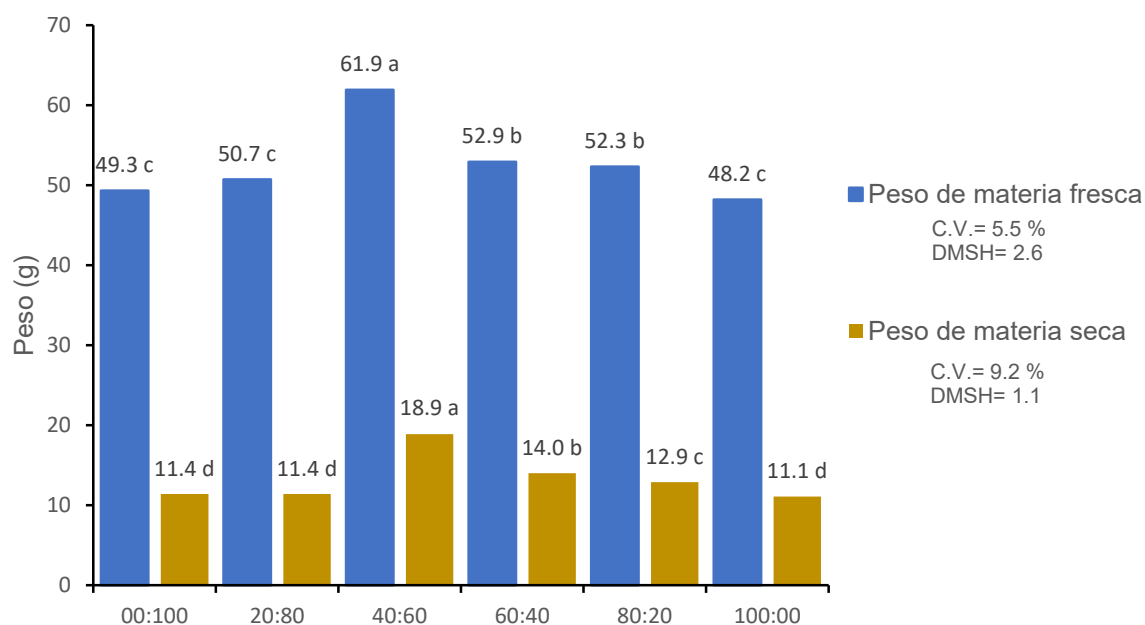


Figura 17. Efecto de la relación lombricomposta: tezontle en peso de materia fresca y seca en romero (*Rosmarinus officinalis*). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

Índice de vegetación NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)

El índice NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada), cuya interpretación puede contribuir al diagnóstico rápido y dirigido de las condiciones nutrimentales (especialmente de nitrógeno), el estado fisiológico, la incidencia de estrés, y el rendimiento potencial del cultivo. El análisis estadístico de los resultados tuvieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos donde se observó un comportamiento con una distribución normal. Al igual que en las variables anteriores, el tratamiento 3 y 4 presentaron los valores más altos de NDVI sin diferencia significativa entre ellos, pero sí con los demás tratamientos: 42.4 % de incremento con el tratamiento uno, 22 % con el tratamiento dos, 10.2% con el tratamiento cinco y 49.2 % con el tratamiento 6 (Figura 18).

A diferencia de otras especies el romero responde positivamente a dosis de lombricomposta por encima del 50 % y por debajo del 80 % en mezcla con un sustrato de tezontle, sin embargo, Acosta-Durán *et al.* (2017) en su investigación para determinar el nivel óptimo de inclusión de lombricomposta como componente del medio de crecimiento para la producción de belén (*Impatiens walleriana*) en contenedor, probaron tratamientos de diferentes porcentajes de inclusión de lombricomposta (100, 75, 50, 25, 0) mezclados con un sustrato general (preparado con partes iguales de tierra de monte, fibra de coco y aserrín de madera), y se compararon con el sustrato general solo y con fertilización química (200 ppm de 20-20-20 más microelementos). Estos autores, reportaron que las dosis de lombricomposta en el rango de 75 % a 100 % permitieron un buen desarrollo vegetativo presentando los mayores promedios en todas las variables estudiadas, y concluyeron que el sustrato de 100 % de lombricomposta fue el mejor y puede sustituir a la fertilización química en el cultivo de *Impatiens walleriana* en contenedor.

La lombricomposta es un abono orgánico ideal para un mejor crecimiento y rendimiento de muchas plantas por las siguientes razones: tiene mayor valor nutrimental que las compostas tradicionales, alta porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de agua, presencia de microbiota, en particular hongos,

bacterias y actinomicetos, la hace apta para el crecimiento de las plantas, los nutrientes nitratos, fosfatos y calcio intercambiable y potasio soluble en formas disponibles para las plantas están presentes en la lombricomposta, los reguladores del crecimiento de las plantas y otros materiales que influyen en el crecimiento de las plantas producidos por microorganismos también están presentes en la lombricomposta, las lombrices de tierra liberan ciertos metabolitos, como vitamina B, vitamina D y sustancias similares en el suelo (Joshi *et al.*, 2015).

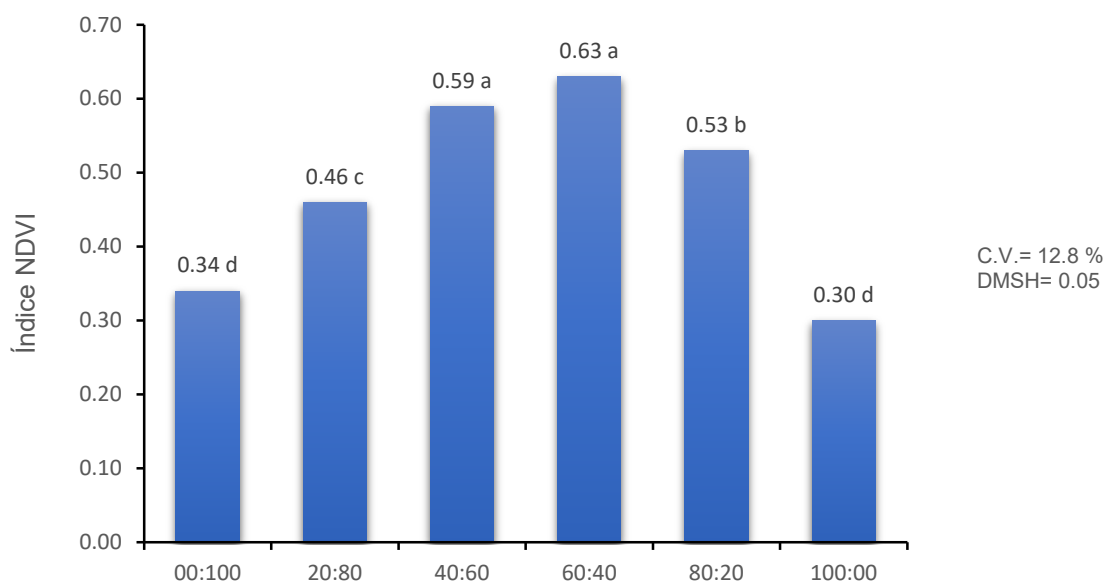


Figura 18. Efecto de la relación lombricomposta: tezontle en índice verde normalizado en romero (*Rosmarinus officinalis*). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

Concentración de aceite esencial

La mayor concentración de aceite esencial se obtuvo en el tratamiento compuesto con 60 % de lombricomposta y 40 % de tezontle (Figura 19.), con una concentración de 1.19 %, este resultado es aproximado al reportado por Cuervo *et al.* (2017) quienes reportaron 1.02 % de concentración de aceite esencial de romero, lo que significa que, por cada kilogramo de romero seco, obtuvieron 10.2 g de aceite esencial, también señalan que las plantas poseen pequeñas cantidades de aceite esencial respecto a su

masa vegetal y que los aceites esenciales se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes partes de las plantas: en las hojas, en las raíces, en el pericarpio del fruto, en las semillas, en el tallo, en las flores o en los frutos.

Vélez *et al.* (2019) indican que existen varios métodos para extraer aceites esenciales. Estos pueden incluir el uso de dióxido de carbono líquido o microondas, aunque comúnmente se usa destilación a baja o alta presión empleando agua hirviendo o vapor de agua. Este método permite la máxima difusión del vapor a través del material vegetal, reduciendo los daños que pudieran sufrir los componentes de las esencias extraídas, indican que rendimiento obtenido en la extracción en general es muy variado entre 0,01% y 2 % y varía en función de la composición de la planta, así como del método utilizado.

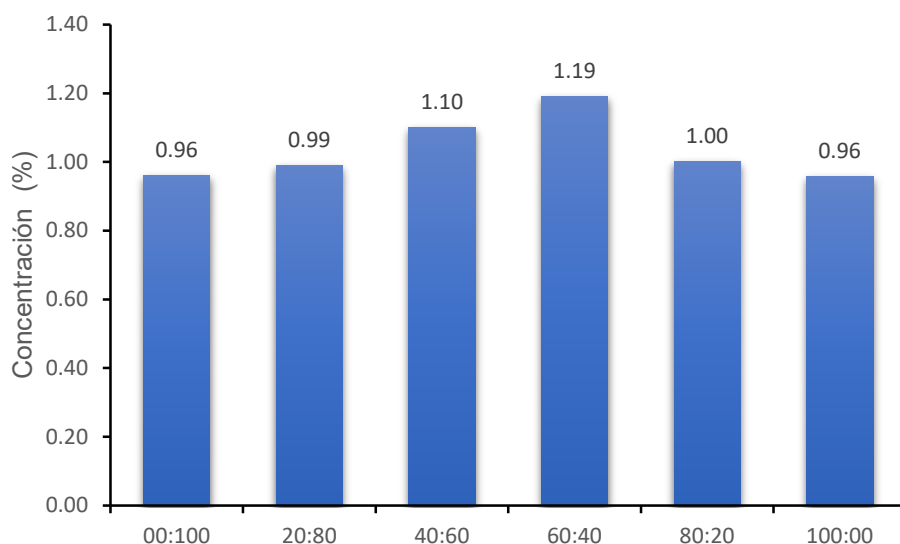


Figura 19. Concentración de aceite esencial en romero (*Rosmarinus officinalis*). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

Contenido de aceite esencial

Se encontró que para contenido de aceite esencial hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$). La incorporación de 40 % de lombricomposta en el sustrato tuvo el mejor resultado, representando desde 1.3 hasta 1.7 veces más aceite esencial en comparación con los demás tratamientos (Figura 20).

Estos resultados coinciden a los de Amooaghaie & Golmohammadi (2017) en un estudio realizado en tomillo (*Thymus Vulgaris*) donde indican que la sustitución de lombricomposta al 50 %, promovió los mejores índices de peso de materia fresca y seca de las partes aéreas y de la raíz, el contenido de clorofila y carotenoides, la eficiencia fotosintética y el mayor contenido de aceite esencial. Estos mismos autores consideran que los efectos de la lombricomposta podrían estar relacionados con la liberación de nutrientes de la lombricomposta y el suelo con la demanda de nutrientes de las plantas. Además, mencionan que es posible que un suministro adecuado de nutrientes al tomillo mejora la fotosíntesis y, en consecuencia, contribuye a la producción de precursores y enzimas involucradas en la síntesis del aceite esencial, y que existe la posibilidad de que la elevación del aceite esencial sea resultado de la existencia de hormonas o moléculas biológicamente activas como el ácido húmico o la presencia de microorganismos benéficos en la lombricomposta.

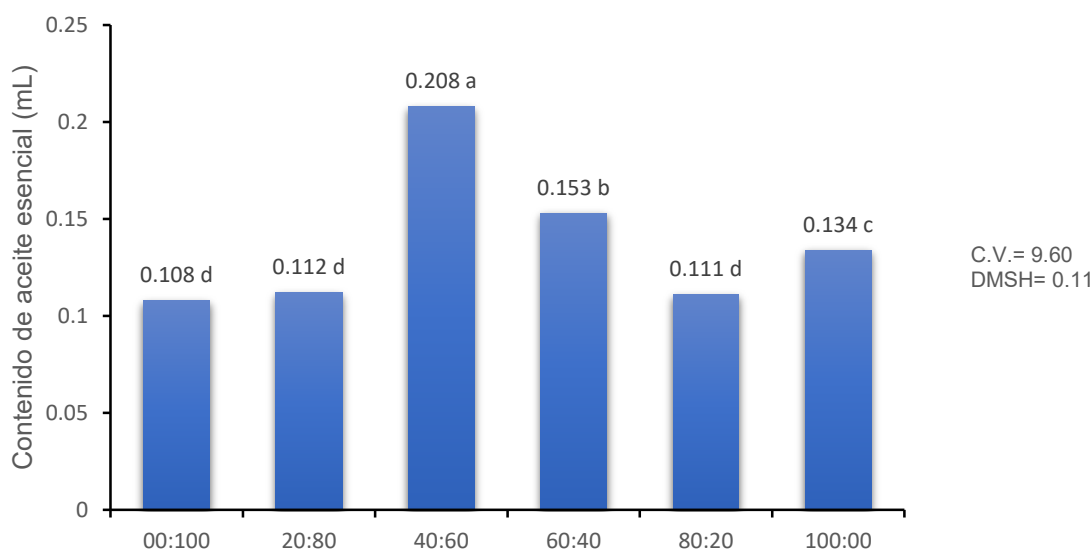


Figura 20. Contenido de aceite esencial en romero (*Rosmarinus officinalis*). C.V= Coeficiente de variación, DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

Esmailpour *et al.* (2017) evaluaron el efecto de lombricomposta y composta de residuos de champiñón con diferentes dosis en el medio de cultivo (10, 20, 30, 40 y 50 %) sobre la composición del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.),

mencionan que cuando los fertilizantes orgánicos estaban presentes en el medio de crecimiento de las plantas, condujeron a un mayor contenido de nutrientes en comparación con el tratamiento de control (mezcla de tres partes de tierra y una parte de arena).

Los mejores resultados se encontraron en el tratamiento de vermicomposta y composta, y consideran que los incrementos en los principales ingredientes de aceites esenciales se debieron a los niveles elevados de lombricomposta y composta, indican además que una proporción adecuada de lombricomposta y composta de champiñones usados en el suelo puede aumentar el contenido de algunos macronutrientes y micronutrientes y esto puede conducir a la efectividad de estos fertilizantes para mejorar la cantidad y calidad de los aceites esenciales en la planta de albahaca.

Yors *et al.* (2013) reportan en su evaluación de aceites esenciales y extractos acetónicos de *R. officinalis* var. *Typicus Batt* que los órganos, tomados durante un ciclo vegetativo completo de ramas, mostraron que los rendimientos y las cantidades de componentes de los dos conjuntos de extractos variaron principalmente según los órganos. Además, mencionan que la etapa fenológica no influyó significativamente en la variación de los contenidos del aceite esencial. Rodríguez-Cabra *et al.* (2017) consideran que para extraer una cantidad de aceite considerable de romero y ser comercializado hay que tener cultivos amplios que pueden ser de 20 ha con 10,000 a 40,000 plantas por hectárea para obtener un promedio de 500 a 1000 kg de aceite esencial anualmente.

CONCLUSIONES

La mezcla 40 % lombricomposta y 60 % tezontle favoreció el crecimiento del cultivo de romero, expresado en mayor altura de planta, materia fresca y seca, así como mayor índice de vegetación NDVI. Este mayor crecimiento estuvo asociado también al mayor contenido de aceite esencial de romero.

La combinación de 40 % lombricomposta y 60 % tezontle puede ser una alternativa para el cultivo de romero con nutrición orgánica-mineral y con reducción de 50 % de la solución nutritiva de Steiner, lo que conlleva una disminución en el uso de fertilizantes inorgánicos.

LITERATURA CITADA

Acosta, Durán, C.M., Bahena-Galindo, M.E., Chávez-García, J.A., Acosta-Peñaloza, D. y Solis-Reynoso, M. G. (2017). Sustrato de lombricomposta para el cultivo de Belén (*Impatiens walleriana* Hook. f.). *Revista Bio Ciencias*. 4, 1-14. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.05.04>.

Agexport (s.f.) *Guia de cultivo de romero. Proyecto Mipymes y Cooperativas + Competitivas Financiado por la Unión Europeo*. Agexport Guatemala. <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-romero.pdf>

Al,Sereiti, M.R., K.M. Abu-Amer y P. Sen. (1999). Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. *Indian Journal of Experimental Biololgy*, 37(2), 124-30.

Amooaghaie, Rayhaneh.and Golmohammadi, S. (2017). Effect of Vermicompost on Growth, Essential Oil, and Health of *Thymus Vulgaris*. *Compost Science & Utilization*, (), 1-12. doi:10.1080/1065657X.2016.1249314

Aqeel, U., Aftab, T., Khan, M.M.A. and Naeem, M. (2023) Regulation of essential oil in aromatic plants under changing environment. *J. Appl. Res. Med. Arom. Plants*, 32, 100441. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2022.100441>

Araújo, J., Araújo, J. and Meneses, R. C. (2018): *Pharmacological and biotechnological advances with Rosmarinus officinalis L*, Expert Opinion on Therapeutic Patents, DOI: 10.1080/13543776.2018.1459570

Armenta, B. A. D., García, G. C., Camacho, B. R., Apodaca, S. M. A., Gerardo, M. L. y Nava, P. E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56.

Armijo C J., Vicuña G. E., Romero P, Otiniano C., Condorhuamán C. B. y Hilario R. B. (2012). Modelamiento y simulación del proceso de extracción de aceites esenciales mediante la destilación por arrastre con vapor. *Rev. Perú. Química e Ing. Química*, 15. (7 2), 19- 27.

Barni, M.V., Fantanals A. y Moreno S. (2009). Estudio de la eficacia antibiótica de un extracto etanólico de *Rosmarinus officinalis* L., contra *Staphylococcus aureus* en dos modelos de infección en piel de ratón. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas, Sociedad Latinoamericana de Fotoquímica*, 8(3), 219-233.

Blouin, M., Barrere, J., Meyer, N., Lartigue, S., Barot, S. & Mathieu, J. (2019). Vermicompost significantly affects plant growth. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 34-. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-019-0579-x>

Castillo N. y Mendoza J. (2012). Manual de prácticas para el laboratorio de química orgánica I, Man. Prácticas Química Orgánica, [Online]. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual2016-1_31098.pdf

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. y Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. *Food Chem. Toxicology*, 46(2), 446-475.

Cook, C.M.and T. Lanaras (2016). Essential Oils: Isolation, Production and Uses. *Encyclopedia of Food and Health*. 552-557 pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00261-0>.

Cortés-Rojas, M. y Pérez-Trujillo, M. (2014). El Cultivo del Romero (*Rosmarinus officinalis* L.) Una experiencia de la Universidad Militar Nueva Granada en la Sabana de Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/280835827_El_Cultivo_del_Romero_Rosmarinus_officinalis_L_Una_experiencia_de_la_Universidad_Militar_Nueva_Granada_en_la_Sabana_de_Bogota

Coyotl V., Tecpoyotl L., Castro S. y Peralta C. (2018). La fertilización órgano-mineral en el rendimiento de haba en suelo e hidroponía en agricultura protegida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(8), 1-12.

Cruz E. y Chulim A., (2014). Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la nutrición nutritiva y el sustrato. *Rev.Filotec. Méx*, 37(3), 289-295.

Cuervo, J., Rodríguez, J. L., Pulido, A. M., Figueredo, L. V. y Rodríguez, O. J. (2017). *Obtención de aceite esencial de romero (Rosmarinus officinalis L.) en el municipio de Guasca Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77909>

Díaz, OL, Duran G., DC, Martínez, JR, y Stashenko, EE (2007). Estudio comparativo de la composición química de los aceites esenciales de *Aloysia triphylla* L'HER BRITTON cultivada en diferentes regiones de Colombia. *Scientia Et Technica*, XIII (33),351-353. [fecha de Consulta 11 de Abril de 2023]. ISSN: 0122-1701. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84933101>

Djordjevic, S. M. (2017). *From Medicinal Plant Raw Material to Herbal Remedies*. InTech. doi: 10.5772/66618

Domínguez, J.; Lazcano, C.y. Gómez-Brandón, M. (2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta Zoológica Mexicana*. 2,359-371. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=>

Karlen, D., Mausbach, M., Doran J., Cline, R., Harris, R and Schuman, G., Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation., Soil Science Society of America J., Vol. 61, 1997, pp. 4-10.

Esmailpour, B., Rahmanian, M., Heidarpour, O. and Shahriari, M. H. (2017). Effect of Vermicompost and Spent Mushroom Compost on the Nutrient and Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(5), 1283-1292. doi:10.1080/0972060X.2017.1396931

Figuerola, M., Figuerola M. S. y Cornejo G. (2019) La vermicomposta orgánica: una compilación literaria encaminada hacia la sustentabilidad ambiental en el estado de Michoacán, México. *INCEPTUM*, 16(26),5-14

Fimbres, R., Castelo, A. y Gutiérrez, M. (2013). *Efecto de la aplicación de Champosta y sus derivados en la producción de tomate en invernadero México*: ITSON. <https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/rec-nat/efectodelaaplicaciondechamp.pdf>

Flores V, E., A. Sáenz G, A., O. Castañeda-Facio y R. I. Narro-Céspedes (2020) Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios. *TIP Rev.Esp.Cienc.Quím.Biol.* 23, 1-17. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.266>

Ganjali, A. and Kaykhali, M. (2017). Investigating the Essential Oil Composition of *Rosmarinus officinalis* Before and After Fertilizing with Vermicompost. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(5), 1413-1417. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1383189>

Gissén, C., Prade, T., Kreuger, E., Nges, I. A., Rosenqvist, H., Svensson, S. E. y Bjornson L. (2014). Comparing energy crops for biogas production- yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilization. *Bio. Bioen*, 64,199-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.061>

Greco, C., Comparetti, A., Fascella, G., Febo, P., La Placa, G., Saiano, F., Mammano, M.M.; Orlando, Sandy Laudicina, V.A. (2021) Effects of Vermicompost, Compost and Digestate as Commercial Alternative Peat-Based Substrates on Qualitative Parameters of *Salvia officinalis*. *Agronomy*, 11, 98. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010098>

Gruda, N. S. (2019). Increasing Sustainability of Growing Media Constituents and Stand-Alone Substrates in Soilless Culture Systems. *Agronomy*, 9(298), 1-24. doi:10.3390/agronomy9060298

Guerrero, L.L., Mar, R.L. y Nieves, R. M., (2011). Efecto del cultivo hidropónico de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en la calidad y rendimiento del aceite esencial. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*, 17(2),141-149. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000200007

Hameed, I. H., & Mohammed, G. J. (2017). *Phytochemistry, Antioxidant, Antibacterial Activity, and Medicinal Uses of Aromatic (Medicinal Plant Rosmarinus officinalis)*. InTech. doi: 10.5772/66605

Jordan, M.J., Martinez, R.M., Goodner, K.L., Baldwin, E.A. and. Sotomayor, J.A, (2006). Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. *J. Indust. Crops Prod.*, 24, 253-263.

Joshi, R., Jaswinder S. y Adarsh V. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14(1), 137-159. doi:10.1007/s11157-014-9347-1

Khorshidi, J., Rahmat, M., Mohamed, F. T.y Himan, N. (2009). Influence of drying methods, extraction time, and organ type on essential oil content of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Natural Science*, 7(11), 42-44.

Labrador, J. (2001). *La materia orgánica en los agroecosistemas*. MAPA. Madrid: Mundiprensa.

Lamarque A., Zygadlo, J., Labuckas, D., López, L., Torres, M. (2008). *Maestría, Fundamentos teórico-prácticos de química orgánica, Argentina*: Editorial Brujas.

López, M. T. (2008). El romero: Planta aromática con efectos antioxidantes, *Offarm Farm y Soc.*, 27(7), 60-63.

Martínez, y Gómez, LL. (2013) Impacto social de una estrategia de intervención sobre prescripción racional de medicina verde en Céspedes durante. *Rev. Cuba Plantas Med*, 18(4), 609-18.

Pascual, D, Pérez, Y.E., Morales, I., Castellanos, I.y González, E. (2014). Algunas consideraciones sobre el surgimiento y la evolución de la medicina natural y tradicional. *MEDISAN*, 18(10),1467-74.

Patiño, L., Saavedra, A. y Martínez, J. (2014). Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial del romero. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias*, 244-246.

Pauli, A. (2001). Antimicrobials properties of essential oil constituents. *Int. J. Aromatherapy*,11(3),126-133.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0962456201800485>

Pérez, T.F. (2006). Efectividad de los vapores de aceites de tomillo y orégano como agentes antibacterianos. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla, México. 267 p.

Persistence Market Research. (2023) Mercado de aceites esenciales. Recuperado 7 de abril de 2023, de <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/essential-oilsmarket.asp>.

Ringuelet, J. y Viña, S. (2013). *Productos naturales vegetales*. Primera edición, Universidad Nacional de la Plata (Ringuelet & Viña, 2013).

Ríos J.L. (2015). Essential oils: What they are and how the terms are used and defined”, Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, Ed. Elsevier Inc.

Ríos, J. L. (2016). Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. *Essential Oils*, (), 3–10. doi:10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8

Rodríguez, M., Alcaraz, L., y Real S. M. (2012). *Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas, México*: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México.

Rodríguez-Cabra, J., Pulido, A. M., Figueredo, L.V., Rodríguez, O.J. y Cuervo J. L. (2017). Obtención de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) en el municipio de Guasca Cundinamarca. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Grupo de investigación Sistemas de producción agrícola y forestal “SIPAF”.

Sánchez, D., Moreno, P. y Cruz, A. (2009). Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera. *Revista Chapingo Ser. Hortic.*, 15(1), 67-73.

Sánchez-Aguirre, O.A., Linares-Márquez, P., Sánchez-Medina, A. y Cano-Asseleih LM. (2021). Consideraciones bioéticas para la investigación científica de plantas

medicinales contra el cáncer en México. Rev. latinoam. Bioet, 21(1),45-60.
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rlbi/article/view/5010>

SAS Institute. 2009. SAS software release 9.0. SAS institute Inc. Cary, N. C., USA. 830 p.

Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 6 de abril de 2023. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) (2006) Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas. SENA. https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/

Sotelo, J.I., Martinez-Fong, D. y Marriel, P. (2002). Evaluation of the effectiveness of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) in the alleviation of carbon tetrachloride induced acute hepatocytotoxicity in the rat. *Journal of Ethnopharmacology*, 81(3), 145-154.

Steiner, A. (1984). The universal solution. Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, The Netherlands, 633-649

Svensson, K., Odlare, M. y Pell, M. (2004). The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated house waste. *The Journal Agricultural Science*, 142(4),461-467.

Vélez Mendoza, B., Pita Meza, M., Moreira Mendoza, K., Pin-Mera, D., Oyervide Vargas, A., and Riera, M. (2019). Obtención de aceite esencial de romero con fines cosméticos. *Prisma Tecnológico*, 10(1), 28-32. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2170>

Villegas-Cornelio, V.M. y Laines, J.R. (2017) Vermicompostaje: II avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8(2), 407-421 <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.60>

White, LB, Foster, S, y Staff H. (2004). El Recetario Herbario: Las mejores alternativas naturales a los medicamentos. Emmaus, PA: Rodale Books.

Yosr, Z., Hnia, C., Rim, T.y Mohamed, B. (2013). Changes in essential oil composition and phenolic fraction in *Rosmarinus officinalis* L. var. typicus Batt. organs during growth and incidence on the antioxidant activity. Industrial Crops and Products, 43(2013) 412-419. doi:10.1016/j.indcrop.2012.07.044



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos, a 20 de junio del 2023.

VOTOS APROBATORIOS DE TESIS

Los integrantes de la Comisión Revisora de la tesis titulada: **Crecimiento y contenido de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) cultivado con nutrición orgánica-mineral**, que presenta la **C. NANCY ASUNCION CAMACHO CARDOSO**, del Programa de Posgrado Maestría en Investigación y Desarrollo de Plantas Medicinales, bajo la dirección del DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ y codirección del DR. JOSÉ ANTONIO CHÁVEZ GARCÍA, han determinado que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado, por lo que emiten su **VOTO APROBATORIO**.

Comisión Revisora de tesis (firma electrónica)

DR. PORFIRIO JUAREZ LOPEZ (director de tesis)

DR. JOSE ANTONIO CHAVEZ GARCIA (codirector de tesis)

DR. ALEXANDRE TOSHIRICO CARDOSO TAKETA

DR. IRAN ALIA TEJACAL

DR. MANUEL DE JESUS SAINZ AISPURO



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2023-06-30 12:16:55 | Firmante

kCcm0PvHu0aPnvKUUNIBdwxmk1VkwOndmP0Tab0F52dYv75eJYVfBhmrSjcdl78YQFPI8Pb9LMHkK5kU6qq7twc3TzzjQoMjG6u1qRU/t3+rNOx8sJN9rvfsLHeALg68VMWKxR2MkF0qK0VjCPG4yvquqjDkAjjfM7i2+AoNJVzz9hdYsNt4SNyozNSi35SWPKlWqWSP/yVg+PVKFCOcO6AixTjSQ+MPCZel2dZk2IYn+PaYyGvFhFsdk+CVFRqqAB7TjkKRuOY3Ih249sfA0qUoTrKBieWMJxAvwEw/s8NiwlSJxChcbo3ZJy/Ehj3sD3cNBXS3kqlaxMCxkVoWQ==

JOSE ANTONIO CHAVEZ GARCIA | Fecha:2023-06-30 12:18:39 | Firmante

5K0qpsojxkf+F8SG6/AB3az+4TueXptaGJUiwzIE9b5ZuL/WBOFHZD99pD7ydxJ8xuzSRKXqGEVB3J21Q+TffsYMRJCXQOwpnlmMI63DOVKI7i0izxqZhGlcHsxYUqxU1VICyb1gdeMpc9Px+JfQv1weaXayExRlwrPvdpaTcETf7X3Uy3K7dOfGaxiBxhdoBrrkONRkMWOflvQ+The33f0S93YEcEIX9JKj9tnbpglXV2gYAXbB6wBC3Othx+dJMRCy/nx9D2TPG5SreC8uIRLQQBDSceR0UptLxISubkd9zrvj/16n0AvMEcD3G0sVXFj4bWHstTGjuMycezcA==

IRAN ALIA TEJACAL | Fecha:2023-06-30 12:29:14 | Firmante

d10EKP/3WMrv5xfP+bXsS204QcsJYBEjO3oQn2ACT8v0FB9AQn77XlaOzIAxjkUwCa48L8u6HIJ7OWnAe/Eu4IG6PjGHUcV3Wpv/1X64/quXAq9eWnNyFe0b4+DgBuTcMg/E3Cu nELxwNnKAhO0lIkBxWor+iFL87E1Ww4HDrTSAgdw6DLmp2FwC11n8lPbC1A03YCOYvsDPdsrODEX0Bv9/D1TO3x+uEaw5WL51y9xF1CIQ9jUvbNuW1NP1qXuzXIG+0vz8r50vynYZfE0pniZe289I9vL8dNxHZz0Qaa7vgrMYo1pBkiTOiXto9OJ8WOautSfyO7PCITV3+g0g==

MANUEL DE JESUS SAINZ AISPURO | Fecha:2023-06-30 13:34:45 | Firmante

gjXuhk2qAmApt2hrjSHD4WUzJfU/xwERG68iqeKwCf2CwV4O8AjjfKpUhc7UXVF6iRej6HLW8K2GVbTU6yu4ZyHtL/JDsrGillkNER7j6W99PjV8xATn8ANDnSKtOueMLBfH5uYveG3qm2sPAAqW+c+YiiiUqgvoR6KA4lxMgtGxen/be4xj1bMVwpDt0yubmvl74gCEqzd5AlvXfuVBnG6O7b/2G5BXE/OKGrgQ0aw3hQ8Q8OghrTEEG+3mv6/ej2yL04V3ND4OgQT+HKnfaX93iCGOmfdRedwMwytdCpMvBfvkc7ryUmbw5i4wnpAlkTE9BGGBbVKlyapTNM7a2w==

ALEXANDRE TOSHIRICO CARDOSO TAKETA | Fecha:2023-07-03 11:36:40 | Firmante

RzbaM6olwdNwvKJzjakcR4Cibi2zp4gtjynA/AUq9OfsW6D57bcups+YR4GIWz5N6ujaUWOM3FRZ6Jkz8E6dak9NcU14qgh0wO/svWotDGL/1IKmdZ7mqzNwVIO6Px9nS1i0HryP1iNklrLj5sSnBiLvpjJHlOPXsUoAsxpRdzlmiW+H5Yyt4VEYvmyZwAWAMzV2X/arG0uLslNpODQkEc1o4yk8OFuPyRRiU6PyN0WOPPCPX3UrM+Lw+Jb5IVJ/NZ6DRIs0ak2m4YM9w5lgKdUTFUWs6VWxm8qUhSfR1yY1i2bff/MP5LGTd/u9n4n206zOy9tn1swQWcBu4iweA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



LN4oqfdl6

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/ts70P7gEZB79BMVEPvTlaXp1s9ruJyE>