

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



El Uso de Rizobacterias y Nutrición Química en la Producción de Orégano en
Campo Abierto e Invernadero

Por:

FELIPE DE JESÚS JANTES GALINDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

El Uso de Rizobacterias y Nutrición Química en la Producción de Orégano en
Campo Abierto e Invernadero

Por:

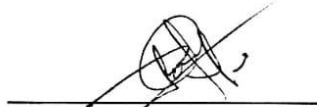
FELIPE DE JESÚS JANTES GALINDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para poder obtener el título de:

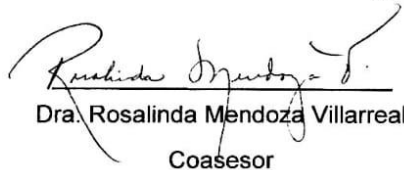
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



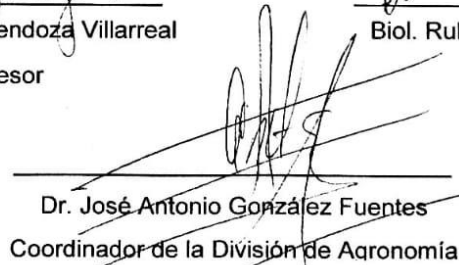
Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coasesor



Biol. Rubén Rojas Meléndez

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Por darme la oportunidad de poder ser aceptado en esta gran universidad y protegerme en todo momento, gracias por darme las suficientes fuerzas para llegar hasta donde hoy me encuentro y por poner en mi camino a personas maravillosas durante mi estancia en esta institución que gracias a ellas pude compartir grandes experiencias, conocimientos y momentos inolvidables.

A mis padres.

Gabino Jantes Pérez: por su apoyo incondicional, por su confianza, sus consejos y enseñanzas que me han convertido en la persona que soy ahora gracias papá.

Helia Galindo Ramírez: por poner toda su confianza en mí y darme todo su apoyo incondicional, que siempre estuvo ahí, sus consejos y que en sus oraciones siempre pide porque en la vida me vaya bien, gracias mamá por traerme a la vida porque gracias a ti hoy puedo ser una persona profesional y de bien.

A mis hermanos: Daniel, Carlos Manuel, Ana Karen y Javier que siempre confiaron en mí y siempre recibí de su ayuda tanto moral como económicamente gracias hermanos por confiar en mí, y ayudarme en todo momento.

A mis tíos: Fidencio, Marcelino, Vicente, Rodolfo por mencionar algunos les doy gracias por que durante mi estancia en esta institución nunca me dejaron solo y que confiaron mí y que ahora me formo como profesionista.

Compañeros amigos: Jesús Aguilar, Sergio Hernández, Emilio Aguirre, Edgar Silva, Filadelfo Curiel, Juan Carlos García, Rafael Sanluis, Francisco Riquelme, Jesús Galindo, Jaime Vergara, Erick Díaz, por mencionar algunos, y a toda la generación en general, por compartir con ellos muchos momentos inolvidables durante cuatro años y medio. Por estar en las dificultades del estudio, por compartir sueños, metas, tristezas y alegrías, por el apoyo que me ofrecieron, a ellos muchas gracias, espero no tarde mucho tiempo para volver a encontrarnos, recordar, sonreír, les deseo lo mejor allá afuera en todos los momentos de su vida, éxito a la generación CXXVIII de Ingeniero Agrónomo en Producción.

Al Bio. Rubén Rojas: por su apoyo y por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

Al Dr. Valentín Robledo: por su apoyo y orientación dentro y fuera de este proyecto.

A la UAAAN por ser mi **ALMA TERRA MATER**, cobijándome en este ambiente de unión y familia, con profesores, amigos y trabajadores.

Al M.C. José Rafael Paredes: por su apoyo y la orientación en el uso de los equipos de laboratorio para la realización de este proyecto.

Al Ing. Raúl Alejandro Ramos: por su apoyo y orientación en el área de laboratorio.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios y a mis Padres

Quienes, con su confianza, cariño, apoyo y sin escatimar esfuerzo alguno, anhelaron que me preparara para enfrentarme a la vida. Hoy se ven cumplidos nuestros esfuerzos y deseos, ayudándome en el logro de una meta más: mi carrera profesional, iniciándose así una nueva etapa en mi vida. Les estoy muy agradecido por compartir conmigo tristezas, alegrías, éxitos, fracasos y todo lo que me brindaron antes y durante mi vida como estudiante, haciendo así de mí una persona de provecho. Muchas gracias.

RESUMEN

Al orégano mexicano (*Lippia graveolens*) se le conocen cualidades que lo hacen muy importante como cultivo agrícola, siendo México el primer lugar en producción de esta especie. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de General Cepeda, Coahuila, México. Con el objetivo de estudiar el comportamiento de *Lippia graveolens* en invernadero y campo abierto. En cada ambiente se probaron tres concentraciones de solución Steiner ajustada descontando los aportes de suelo y agua, (100%, 50% y 0%), tres cepas de rizobacterias aisladas en el Departamento de Horticultura de la UAAAN, una cepa comercial: (*Azospirillum brasilense*) y un testigo sin la adición de bacterias, dando lugar a un diseño factorial 3 x 5. La cosecha fue realizada en plantas con 60 días de crecimiento a 25 cm sobre el nivel del suelo. Los tratamientos con los mayores valores en el contenido mineral en hoja fueron: el T2, con 15,400 mg/kg de N que supero significativamente a cinco tratamientos, el T15 con 4,027.34 mg/kg de fósforo, supero significativamente ($p \leq 0.05$) a dos tratamientos, el T2 con 9,256.3 mg/kg de K supero a tres, el T3 con 25,257 mg/kg de Ca superó significativamente ($p \leq 0.05$) a tres, el T15 con 36.083 mg/kg de Zn superó significativamente a 5 tratamientos y para la producción de biomasa; la mayor altura fue de 93.78 cm (T9), diámetro con 69.33 cm (T9), peso fresco con 435.21 gr (T3), peso seco con 142.33 gr (T9), peso seco de tallo con 67.86 gr (T9) y peso seco de hoja con 73.47 gr (T3).

Palabras clave: *Lippia graveolens*, nutrición, agricultura protegida, organismos benéficos.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen	3
2.2. Descripción Botánica	3
2.2.1. Raíz	3
2.2.2. Tallo.....	4
2.2.3. Hojas	4
2.2.4. Flores.....	4
2.2.5. Fruto	5
2.3. Taxonomía de <i>Lippia graveolens</i>	5
2.4. Usos y Propiedades.....	6
2.5. Importancia Económica	7
2.6. Importancia de la Evaluación del Recurso.....	8
2.7. Distribución y Poblaciones.....	8
2.8. Hábitats.....	10
2.9. Las Hierbas Aromáticas.....	10
2.10. Condiciones Agronómicas	11
2.11. Densidades de Siembra.....	12

2.12. Producción, Manejo Agronómico y Sustentabilidad	12
2.13. Potencial Productivo de Biomasa	13
2.14. Importancia de las Rizobacterias	14
2.15. Tecnología para el Establecimiento de Cultivos	16
2.16. Fertilización.....	16
2.16.1 El Nitrógeno (N)	18
2.16.2. La concentración de Fósforo.....	19
2.16.3. La concentración de Potasio (K)	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Ubicación del Área Experimental	20
3.2. Análisis de Suelo y Agua	20
3.3. Material Vegetal	21
3.4. Ciclo de Cultivo	21
3.5. Establecimiento de Tratamientos.....	22
3.6. Variables Estudiadas	23
3.6.1. Altura de la planta (AP).....	23
3.6.2. Diámetro mayor de Planta (DHP)	23
3.6.3. Diámetro menor de Planta (DMP).....	24
3.7 Cosecha.....	24
3.7.1. Peso fresco (gr)	24

3.7.2. Peso seco (PS), Peso seco de tallo (PST) y Peso seco de hoja (PSH). (gr)	24
3.8. Obtención de Minerales	25
3.8.1. Nitrógeno (N)	25
3.8.2 Obtención de P,K, Ca, Mg, Cu y Zn.....	26
3.8.2.1 Fósforo (P).....	27
3.8.2.2 Potasio (K).....	28
3.8.2.3 Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)	28
3.8.2.4. Cobre (Cu).....	29
3.8.2.5. Zinc (Zn)	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Análisis de Macroelementos en tejidos vegetales.....	30
4.2. Efecto Ambiental sobre el Contenido de Macroelementos	31
4.3. Efecto de los Tratamientos Sobre el Contenido de Macroelementos	31
IV.4. Análisis de Microelementos en tejidos vegetales	34
4.5. Efecto Ambiental Sobre el Contenido de Microelementos	36
4.6. Efecto de los Tratamientos Sobre el Contenido de Microelementos.....	36
4.7. Análisis de las variables agronómicas en <i>L. graveolens</i>	37
4.8. Efecto del Ambiente de Producción Sobre Variables Agronómicas.....	39
4.9. Efecto de los tratamientos Sobre Variables Agronómicas	40

4.10. Efecto de la interacción ambientes-tratamientos en la producción de biomasa de <i>L. graveolens</i>	41
V. CONCLUSIÓN	51
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados productores de orégano (<i>Lippia graveolens</i> H.B.K.) en México (Villavicencio-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2010)	9
Figura 2. Fotografía tomada de Google earth donde se realizó el experimento.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Conformación de los tratamientos en cada ambiente.....	23
Cuadro 4.1. Análisis de varianza aplicado la concentración de elementos minerales en tejidos vegetales en <i>Lippia graveolens</i> desarrollado en dos ambientes de producción con nutrición química y orgánica.....	30
Cuadro 4.2. Comparación de medias del contenido mineral en tejidos de <i>Lippia graveolens</i> a través de ambientes de producción.....	31
Cuadro 4.3. Valores medios del contenido de elementos minerales en tejidos de <i>Lippia graveolens</i> , en respuesta al uso de cepas bacterianas y niveles de nutrición química, estudiados en dos ambientes de producción.....	34
Cuadro 4.4. Análisis de varianza aplicado la concentración de microelementos en tejidos vegetales en <i>Lippia graveolens</i> desarrollado en dos ambientes de producción con nutrición química y orgánica.....	35
Cuadro 4.5. Comparación de medias del contenido de microelementos en tejidos vegetales de <i>Lippia graveolens</i> a través de ambientes de producción.....	36
Cuadro 4.6. Comparación de medias del contenido de microelementos en tejidos de <i>Lippia graveolens</i> , en respuesta a tratamientos con cepas bacterianas y niveles de nutrición química, estudiados en dos ambientes de producción.....	38
Cuadro 4.7. Análisis de varianza aplicado de las variables agronómicas en <i>Lippia graveolens</i> desarrollado en dos ambientes de producción con nutrición química y orgánica.....	39

Cuadro 4.8. Comparación de medias de la producción de biomasa de <i>Lippia graveolens</i> a través de ambientes de producción.....	40
Cuadro 4.9. Comparación de medias de la producción de biomasa en respuesta a tratamientos con cepas bacterianas y niveles de nutrición química, estudiados en dos ambientes de producción.....	41
Cuadro 4.10. Respuesta de la altura de planta de orégano a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.....	43
Cuadro 4.11. Respuesta del diámetro promedio de planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.	45
Cuadro 4.12. Respuesta del peso fresco de planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.....	46
Cuadro 4.13. Respuesta del peso seco total de planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.....	47
Cuadro 4.14. Respuesta del peso seco de tallo de la planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.....	49
Cuadro 4.15. Respuesta del peso seco de hoja de la planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.....	50

I. INTRODUCCIÓN

En México el orégano es un recurso forestal no maderable del que se obtienen 6,500 t al año, de ellas 90 % se destina al mercado de exportación, donde se le conoce comercialmente como orégano mexicano (INFOAGRO, 2006; Villavicencio *et al.*, 2007), tiene un gran potencial en la cadena agroalimentaria nacional e internacional, tanto por su cantidad como por su calidad (Huerta, 2002, Huerta, 2005). El principal producto derivado de la hoja de esta planta es un aceite esencial, que se utiliza en la industria de alimentos, licores, refresquera, farmacéutica y de cosmetología. El orégano forma parte del grupo de especias y hierbas culinarias, aunque su uso no solo se limita a tales propósitos, sino también es un aditivo de otros productos (FAO y OMS, 2017).

En la región semiárida de Coahuila, el aprovechamiento de *L. graveolens* se realiza en ocho municipios, destacan Parras de la Fuente, General Cepeda y Ramos Arizpe, donde se obtiene la mayor producción (Inafed, 2005; Villavicencio *et al.*, 2010).

L. graveolens es de tipo arbustivo, sus cambios de tamaño y forma se deben a la adaptación de la especie a las condiciones ambientales, lo que genera diferencias en su desarrollo, que se refleja en la variabilidad alométrica, con una relación directamente proporcional entre la altura y el diámetro de la planta (Niklas, 1995). A partir de esta, se pueden realizar análisis dimensionales y, con ello, ajustar modelos de predicción para generar tablas de rendimiento de biomasa individual

para cuantificar la producción y promover su aprovechamiento de manera racional y sustentable. Dado lo anterior se plantearon los objetivos siguientes:

Estudiar el contenido de minerales en orégano desarrollado en dos ambientes de producción y estudiar el efecto de la nutrición orgánica y química sobre el contenido mineral y producción de biomasa del orégano.

Con la hipótesis de que; El ambiente influye significativamente sobre el crecimiento y contenido de minerales en cultivo de orégano. Y que la nutrición química y orgánica influyen sobre el crecimiento y contenido mineral de orégano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

En México, se conoce como orégano a 40 especies de herbáceas pertenecientes a las familias Verbenaceae, Labiatae, Compositae y Fabaceae. *Lippia graveolens* H.B.K., se encuentra dentro de la familia Verbenaceae, es la especie más abundante y la de mayor producción para fines comerciales, es nativa del sur de Norteamérica, México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, Panamá y Colombia. Esta especie es conocida como “orégano verdadero” y se le conoce con diversos nombres comunes, entre los que se encuentran: orégano del cerro, de campo, de sierra, cimarrón, silvestre, mexicano, de castilla, orégano, y mejorana (Flores, 1991; CONABIO, 2005).

2.2. Descripción Botánica

Es una planta perene de dimensiones variadas.

2.2.1. Raíz

El sistema radicular es modificado, con raíces laterales entre los 30 y los 80 cm (Maldonado, 1998). La temperatura óptima de nodulación es de 25°C, dando lugar a la formación de microorganismos que provocan la formación de nódulos en la raíz, por medio de las cuales se realiza el proceso de nitrificación, los primeros nódulos se forman 9 días después de la germinación y a la semana tres empieza la fijación del nitrógeno atmosférico.

2.2.2. Tallo

El tallo es ramificado de consistencia leñosa, las ramas usualmente son redondeadas en el ápice, alcanza una altura de 30 a 90 cm, teniendo como diámetro de cobertura de 50 cm, la longitud de los tallos es variable, dependiendo de la edad y de las condiciones del hábitat, principalmente de la distribución y cantidad de lluvia a lo largo del año. La velocidad de crecimiento de los tallos, es menor que la velocidad de crecimiento de los brotes anuales; que dan origen a ramas, hojas, flores y frutos.

2.2.3. Hojas

Sus hojas son enteras o poco dentadas, opuestas, densamente pubescentes con una longitud variable de 1.5 a 3.5 cm. La producción de follaje de las poblaciones naturales de orégano, se inicia dos semanas después de presentarse las primeras lluvias de temporal, concluyendo la formación total de follaje unas seis semanas después de haberse iniciado los brotes vegetativos.

2.2.4. Flores

Posee flores hermafroditas pequeñas de 3 a 6 cm, sésiles, tubulares de color blanco o amarillo agrupadas en racimos. La floración se inicia unas 7 semanas después de haberse iniciado la formación de follaje, produciéndose una excesiva cantidad de flores, de las cuales solamente llegan a la madurez el 65%. Dentro de las condiciones normales de crecimiento, sus flores tienen la característica de presentar el fenómeno de autopolinización en el cual el polen cae sobre los estigmas

produciéndose la fertilización. La floración está regulada por el fotoperiodo, la temperatura, los elementos nutritivos, las condiciones físicas del suelo y el agua.

2.2.5. Fruto

El fruto es una capsula pubescente que tiene 0.47 mm, guarda 4 semillas de color café con un ancho de 0.8 mm y con un largo de 1.7 mm, de forma oval, en un gramo hay de 20000 a 30000 semillas. La cápsula se empieza a formar de 15 a 20 días después de la floración, posteriormente se madura coincidiendo con el amarillamiento y caída de las hojas, por lo que la cápsula se abre y expulsa la semilla, variando el periodo de acuerdo a la zona ecológica.

2.3. Taxonomía de *Lippia graveolens*

Según el Instituto Nacional de Ecología (Valencia García, 2014) la clasificación taxonómica de esta planta es:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsidae*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Verbenaceae*

Género: *Lippia*

Especie: *L. graveolens*

2.4. Usos y Propiedades

El orégano por sus propiedades de aroma y sabor presenta una amplia gama de usos, las hojas de la planta se utilizan como condimento, en la industria de los cosméticos, fármacos y licores. De las hojas se extrae el aceite esencial cuyos componentes químicos principales son: Carvacrol, Timol y Cimeno, lo que le dan al orégano propiedades antisépticas, tónicas, expectorantes y diuréticas, entre otras. Durante siglos se han reconocido las propiedades antimicrobianas de algunos aceites esenciales de las plantas, pero recientemente se han confirmado estos estudios. La planta presenta metabolitos secundarios como alcaloides, triterpenos, flavonoides, leucoantocianinas, saponinas y taninos, (González, 1989; González *et al.*, 2000).

Las especies de orégano poseen propiedades extraordinarias por la composición química que éstas tienen. Por sus propiedades se usan para condimentado de alimentos, medicinas populares en forma de infusiones para la tos, cólicos, padecimientos de los riñones, fiebre y enfermedades respiratorias (Flores Rivera, 2009). La hoja seca, se utiliza como conservador natural y potencializado del sabor de alimentos, teniendo gran valor en Europa y Estados Unidos donde se manufacturan embutidos, comida en fresco y enlatada (Villavencio-Gutierrez *et al.*, 2010).

2.5. Importancia Económica

La principal especie comercial producida en México pertenece al género *Lippia*, siendo los principales estados productores: Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Coahuila, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur (Villavicencio *et al.*, 2007).

En Coahuila el 90% de la producción de *Lippia graveolens* se obtiene de zonas silvestres y de este volumen el 80% de hoja seca es exportada (CONAFOR, 2009). La producción anual se encuentra alrededor de 3 000 toneladas, de las cuales 2 000 son exportadas a Estados Unidos de América. Las exportaciones del orégano mexicano están destinadas también al Reino Unido, Alemania, Francia y Canadá. Se ha registrado que entre 2006 y 2008 las ventas de orégano mexicano aumentaron en \$2 millones de dólares (Olivier, 1996; CONAFOR, 2009).

Actualmente, en el país se implementan paquetes tecnológicos para el manejo del orégano que son considerados como una forma de transmitir los conocimientos generados a través del tiempo a los productores, y cuyo fin es el aporte de innovaciones sobre prácticas silviculturales, su importancia y las perspectivas que tiene este recurso en el mercado, como fuente de riqueza, al darle un valor agregado mediante la industrialización (CONAFOR, 2009).

El orégano mexicano es una de las plantas aromáticas de mayor importancia para nuestro país. Su aceptación en el mercado, se debe a su gran poder saborizante (Huerta, 1997), usándose principalmente como condimento para

preparar comida mexicana, pizzas y salsas para barbacoas (Kintzios, 2002). Sin embargo, en la medicina tradicional mexicana, las partes aéreas de esta especie se han utilizado como antiséptico, antipirético, analgésico, abortivo, antiespasmódico, anti-inflamatorio y para el tratamiento de problemas menstruales y diabetes (Martínez-Rocha *et al.*, 2008).

2.6. Importancia de la Evaluación del Recurso

Este recurso, requiere de programas de manejo adecuado para garantizar su sustentabilidad y afrontar los problemas a los que se enfrenta, como el inadecuado sistema de producción, desaprovechamiento de sus características químicas, intermediarios y falta de estructuras organizadas (González *et al.*, 1998). El mayor factor de riesgo para *Lippia graveolens* es la sobreexplotación con fines de aprovechamiento (INE, 2007), lo que implica la necesidad de conocer su densidad poblacional, ubicación y características (Medina, 1982).

2.7. Distribución y Poblaciones

La especie *L. graveolens* es variable y polimórfica, está formada por poblaciones con características morfológicas, fenológicas y fitoquímicas distintas. Además, se distribuye principalmente en los estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Coahuila (Figura 1), donde se concentran el 50% de los permisos de aprovechamiento; le siguen, en orden de importancia, Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California (Villavicencio, 2007).

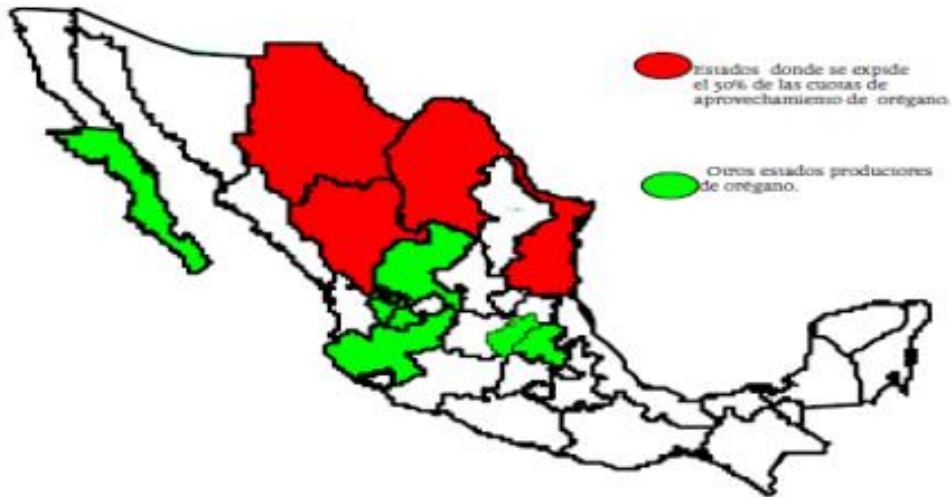


Figura 1. Estados productores de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en México (Villavicencio-Gutiérrez *et al.*, 2010).

La especie *L. graveolens* presenta poblaciones muy densas en el norte de Jalisco, cuya densidad puede variar de 6,236 a 25,200 ind/ha (Cavazos, 1991). En el altiplano de San Luis Potosí, *L. graveolens* alcanza densidades de 4,000 ind/ha (Hernández *et al.*, 1991). En Peñamiller, Querétaro existen densidades de 35 plantas de orégano en 81 m² (López *et al.*, 2005). En el estado de Durango se distribuye en los municipios de Cuencamé, Durango, Hidalgo, Indé, Lerdo, Mapimí, Mezquital, Nazas, Nombre de Dios, Peñón Blanco, Poanas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Juan del Río, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Santa Clara, Simón Bolívar y Tlahualilo. En un estudio realizado en el municipio de Nazas en Durango, Olhagaray (2005) registró una densidad de 591 ind/ha, en el municipio de El Mezquital, es una de las regiones de mayor aprovechamiento de orégano en el estado. Los recolectores de este municipio se benefician con la utilización de esta especie y al mismo tiempo adquieren la responsabilidad de su óptimo

aprovechamiento de manera sustentable, para asegurar su regeneración natural y obtener un beneficio económico.

2.8. Hábitats

Los principales hábitats de *Lippia graveolens* en la República Mexicana, se localizan en lugares poco accesibles como cerros, lomeríos, laderas, arroyos y cañadas de suelos alcalinos, generalmente pedregosos, de textura franco-arenosa (Villavicencio, 2007). En el Estado de Durango generalmente se encuentra en lomeríos pedregosos cubiertos por matorral rosetófilo donde son abundantes el ocotillo (*Fouquieria splendens*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), maguey cenizo (*Agave 10spérrima*), huizache (*Acacia berlandieri*), huizachillo (*Acacia crassifolia*), trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), jarilla (*Viguiera stenoloba*), uña de gato (*Mimosa spp.*), diversas anuales y malezas (INE, 2007). En zonas semiáridas, como El Mezquital, Dgo., se encuentra asociada a sitios perturbados y en ciertas ocasiones se le considera como planta ruderal (INE, 2007). Las poblaciones de *Lippia graveolens* del Desierto Chihuahuense se establecen en un intervalo altitudinal de entre los 1,200 y los 2,300 m, en sitios áridos y semiáridos (INE, 2007).

2.9. Las Hierbas Aromáticas

La historia de las aromáticas está ligada a la de las plantas medicinales. Papiros y grabados atestiguan que los egipcios la usaban hace 5,000 años. El anís, el comino, el cilantro y la menta figuraban en recetas de pociones y otros bálsamos.

Por tablillas sumerias se ha podido saber que los habitantes de la antigua Mesopotamia ya se usaban el hinojo, tomillo y cilantro. En la Edad Media, las plantas aromáticas se utilizaban en gran medida, en buena parte para enmascarar el olor de los alimentos, especialmente de la carne, cuya frescura no siempre estaba garantizada. Con el desarrollo de las técnicas científicas, se confirman muchas propiedades de las plantas, que hasta entonces solo se suponían (Villegas-Espinoza *et al.*, 2013). Las plantas aromáticas y medicinales conforman una lista amplia y diversa de especies, muchas de las cuales no tienen un único uso. Así pues, existen diferentes ámbitos de utilización, en medicina, alimentación, perfumería, cosmética, decoración, ambientación, protección de vegetales, agricultura y apicultura, son algunos de los principales usos (Restrepo *et al.*, 2012).

2.10. Condiciones Agronómicas

El orégano es una planta que se desarrolla en diferentes tipos de suelo (pedregosos, laderas y cañadas) con altitudes de 400 a 2,000 msnm; sin embargo, su óptimo desarrollo se establece a los 1,400 y 1,800 msnm (Huerta, 1997).

Debido a la capacidad de adaptación del cultivo, las preparaciones de terreno de siembra son las mismas para diferentes localidades (barbecho, rastreo, surcado e instalación de canales de riego). Aun con la capacidad de adaptación, la planta prefiere suelos no arcillosos de ahí la necesidad de buscar suelos con buen drenaje para evitar enfermedades en los cultivos (Mata-González y Meléndez-González, 2005). El orégano requiere siete riegos anuales, con una lámina por riego de 10 cm

para la producción de más de 2 Ton ha⁻¹ de materia seca (Villanueva y Hernández, 2001).

2.11. Densidades de Siembra

Para el cultivo de orégano no está establecida una distancia de siembra entre plantas o hileras; sin embargo, utilizar densidades de siembra menor podría aumentar la producción de biomasa al evitar la competencia por nutrientes, como se demostró con cultivos de *Lippia* con 10 000 plantas por hectárea se obtuvieron 2640 kg; con 25 000 plantas por hectárea, 1816 kg (Meléndez, 1991; Flores *et al.*, 2011).

2.12. Producción, Manejo Agronómico y Sustentabilidad

A pesar de que México es el segundo productor mundial de orégano, la mayoría de las especies explotadas comercialmente son silvestres y no están incluidas en los programas básicos de manejo y mejoramiento agronómico. La producción comercial del orégano mexicano demanda homogeneidad, volumen y calidad; sin embargo, ésta se realiza en zonas marginadas y de escasos ingresos, generando una explotación desmedida que pone en peligro la biodiversidad y sustentabilidad de la misma. Por estas razones es necesario asegurar un manejo racional de este recurso para poder impactar positivamente el nivel socioeconómico de las familias en las regiones donde se produce (Huerta, 1997). De acuerdo con la CONAFOR (2009), se han implementado paquetes tecnológicos para el manejo del orégano, cuyo fin es el aporte de innovaciones sobre prácticas silviculturales.

2.13. Potencial Productivo de Biomasa

El potencial productivo es la capacidad productiva de una especie vegetal en un sitio geográfico determinado, donde la planta puede aprovechar al máximo todos los factores ambientales disponibles para promover su desarrollo y rendimiento. En el caso del orégano, el rendimiento se refiere a la producción máxima de biomasa o follaje obtenido, ya sea en condiciones naturales o mediante prácticas agronómicas (Villavicencio, 2007). En México, el potencial de producción se estima con la medición de variables como son altura y diámetro, en combinación con la biomasa en peso seco de una especie (Castro *et al.*, 1996). Como es el caso de los trabajos realizados por Flores (1987) y Villavicencio (2008), quienes determinaron una tabla de predicción de rendimiento para la hoja seca de orégano correspondiente a la zona norte de Jalisco y para el estado de Coahuila. Empleando variables morfométricas, como son altura, diámetro y peso de hoja seca, construyeron y ensayaron varios modelos de regresión para conseguir el que mejor estimara la biomasa correspondiente al peso de hoja seca del arbusto. Dichas tablas de predicción son utilizadas actualmente por los técnicos forestales para elaborar los estudios técnicos justificativos para el aprovechamiento del orégano en el estado de Durango. Por otro lado, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha permitido generar modelos espaciales para predecir biomasa arbórea, distribución de distintos taxones o características de interés de la especie vegetal que se esté estudiando.

Castillo, E. S. (1986), señala que la cantidad de orégano cosechada por campesino en un día es de 5 Kg en la localidad de infiernillos municipio de Higuera N.L. (México).

La precipitación pluvial es un factor importante para el crecimiento de la planta de orégano, tal como lo señala Lamas G. R., M. Berzosa y R. Silva. 2005. Quien reporta una producción de más de 2.2 Ton/Ha, para la especie *Lippia berlandieri* como respuesta al riego en condiciones de cultivo.

Juárez-Rosete en (2019). Reporta la obtención en *O. vulgare* la cantidad de 19.73 g de materia fresca en 60 días con fertilización con solución Steiner al 75% y cultivadas en malla sombra.

Turgut Dunford (2005). Reporta un tratamiento con 92 cm de altura bajo condiciones de invernadero a los 90 días de madurez de la planta, además hace mención de que a mayor edad de la planta esta puede superar su producción de biomasa.

2.14. Importancia de las Rizobacterias

El suelo es un hábitat complejo donde un gran número de poblaciones microbianas interactúan con los diversos sustratos, muchas de estas poblaciones están asociadas a las raíces de las plantas, en la zona rizosférica (Reyes *et al.*, 2006). Barea *et al.* (2005) señalan que la disponibilidad de nutrientes en el suelo

a partir de las interacciones biológicas beneficiosas (sinérgicas) entre los diversos componentes que promuevan los procesos ecológicos, debe ser comprendida y manejada en la explotación sostenible de los suelos. Las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (RPCP) son bacterias benéficas que se presentan como una alternativa a los fertilizantes químicos y plaguicidas (Kloepper y Beauchamp, 1992). Estas poblaciones microbianas rizosféricas son capaces de ejercer efectos específicos sobre el crecimiento vegetal como la producción de fitohormonas, disolución y mineralización de los fosfatos, fijación asimbiótica del nitrógeno atmosférico y producción de sideróforos y antibióticos (Vessey, 2003).

Hoy en día, los biofertilizantes son considerados como un componente del manejo integrado de la nutrición vegetal y han sido definidos como sustancias que contienen microorganismos vivos que, al aplicarse a las semillas, superficie de las plantas o al suelo, colonizan la rizósfera o el interior de la planta y promueven su crecimiento, aumentando la disponibilidad de los nutrientes y la sanidad vegetal en la planta hospedera (Vessey, 2003). El efecto de los biofertilizantes ha sido reconocido en pruebas experimentales y de campo, como una forma de manejo sostenible de los agroecosistemas (Dobbelaere *et al.*, 2003; Lucy *et al.*, 2004); sin embargo, el éxito de la utilización de estos biopreparados reside en el estudio de cepas compatibles y muchas veces específicas a un cultivo y las condiciones ecológicas del suelo.

2.15. Tecnología para el Establecimiento de Cultivos

Para la producción de orégano, actualmente se han utilizado sistemas de cultivo, bajo malla sombra e invernaderos, pues permiten modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, para un crecimiento óptimo y por ende, un alto rendimiento. A su vez, estos sistemas permiten controlar las condiciones de producción obteniendo productos de calidad con mejores precios de mercado y mayor nivel de inocuidad (Castellanos, 2009).

La producción de hierbas aromáticas puede diferir de acuerdo al sistema en el que se encuentre, por ello la importancia de estudiar los diferentes microclimas que se generan cuando se utiliza un invernadero o los sistemas de producción a campo abierto. Las condiciones de invernadero y campo abierto tienen diferentes periodos de crecimiento y respuesta, ya que, en campo abierto, la mayoría de las plantas reciben más luz solar que en realidad pueden utilizar para la fotosíntesis, mientras que en invernadero la luz es uno de los factores importantes que influyen en el microclima de productividad de las plantas, aparte de la temperatura, humedad relativa y la concentración de CO₂ (Murillo-Amador *et al.*, 2013).

2.16. Fertilización

El orégano es una planta silvestre en proceso de domesticación y habría que realizar varios trabajos sobre el uso y requerimientos de nutrientes por la planta ya que, como es sabido, su valor comercial está en las hojas, por lo que tendrá más demanda de nitrógeno; pero como también tiene otros usos además del alimenticio,

habría que evaluar sus requerimientos nutricionales como cualquier otro cultivo. En experimentos que se realizaron con *Lippia berlandieri* Delicias, Chihuahua, se encontró muy buena respuesta con 92 kilogramos por hectárea de nitrógeno (Valdéz y Meléndez, 1991). En el caso de *Origanum vulgare*, conocido como orégano europeo, en las regiones de Chile se aplican de 120 a 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, de 80 a 100 kilogramos de fósforo por hectárea y de 100 a 120 kilogramos de potasio.

Entre los requerimientos nutrimentales del orégano se sabe que el N, el P y el K juegan un papel fundamental por sus funciones en el metabolismo de la planta (Said Al Ahl et al., 2009), además, son elementos necesarios para su desarrollo óptimo, principalmente para la brotación después de la cosecha (Aguilar-Murillo et al., 2013).

Para el manejo óptimo de la nutrición, es necesario conocer el requerimiento nutrimental del cultivo, el cual se expresa en kilogramos de nutrimentos por tonelada de producto, en este caso producto fresco.

Los estudios existentes sobre la fertilización en esta especie se han desarrollado en Europa y Asia a campo abierto, en plantaciones de distintas subespecies de *Origanum vulgare* L., como *O. vulgare* L., *O. vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Letswaart, *O. vulgare* ssp. *viridulum* Nyman, y *O. vulgare* ssp. *virens* (de Falco, Rozigno, Landolfi, Scandolera, & Senatore, 2014; Pal, Adhikari, & Negi, 2016; Said-Al Ahl et al., 2009; Sarikurkcu et al., 2015).

Sea ha utilizado fertilización química como es el caso de la solución Steiner, Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Aburto-González, C. A., & Alejo-Santiago, G. (2019). Encontraron que el tratamiento de 75 % de solución Steiner con rendimientos de 19.73 gr de materia fresca y 2.41 g de peso seco, cosechando a los 60 días en *Oreganum Vulgare*.

2.16.1 El Nitrógeno (N)

El nitrógeno es uno de los nutrientes responsables del crecimiento vegetativo; sin embargo, no sigue una tendencia lineal infinita, sino que los cultivos llegan a un punto de saturación del elemento (Alejo-Santiago et al., 2015), lo que conlleva a una disminución en la producción de biomasa. Una explicación a este comportamiento es la dinámica que sigue el N en la planta, ya que una vez que se absorbe y llega a las hojas sufre una conversión a amonio para continuar su ruta hacia la formación de proteína. Tal reducción de N implica la oxidación de carbonos (Xu, Fan, & Miller, 2012), lo cual es un proceso de desgaste energético que afecta la acumulación de biomasa. Barreyro, Ringuelet, y Agrícola (2005), también encontraron un efecto de disminución del rendimiento al elevar la dosis de N de 80 a 120 kg·ha⁻¹ en la producción de orégano en campo; esto confirma que un exceso de fertilizante nitrogenado afecta el rendimiento.

Juárez-Rosete, C. R., et al. (2019). Fertilizando con solución Steiner al 100 % obtuvo una concentración de nitrógeno de 23,900 mg/ kg en plantas cosechadas a los 60 días en condiciones de malla sombra, aunque ese tratamiento no fue el que reporto mayor cantidad de biomasa.

2.16.2. La concentración de Fósforo

El fósforo representado en biomasa se puede explicar por la función que desempeña este elemento en las plantas y su ruta que finaliza en la semilla, cuando el órgano de interés es la producción de semilla, como lo reporta Dordas (2009), quien indica que existe una fuerte traslocación de P y N, de los tejidos vegetativos hacia el desarrollo de grano. En el caso del orégano, el interés económico es la producción de materia fresca o seca; por lo tanto, la planta no culmina su ciclo de vida y no llega a la producción de flor y fruto, esto ocasiona una acumulación del P en el tejido.

Juárez-Rosete, C. R., et al. (2019). Fertilizando con solución steiner al 100 % obtuvo una concentración de nitrógeno de 23,900 mg/ kg en plantas cosechadas a los 60 días en condiciones de malla sombra, aunque ese tratamiento no fue el que reporto mayor cantidad de biomasa.

2.16.3. La concentración de Potasio (K)

Economakis (1993) reportó que la concentración de K en la Solución Nutritiva en un rango de 150 a 450 mg·L⁻¹ no tuvo efecto significativo en el crecimiento de la planta; aunque no reporta la concentración nutrimental, el estudio se realizó con las mismas concentraciones de K en la SN que en la presente investigación. Esta información permite inferir que el K puede acumularse en la biomasa, pero no precisamente conlleva a un incremento significativo en producción de material vegetativo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Área Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en un rancho agrícola en el municipio de General Cepeda, ubicado en el sureste del estado de Coahuila, México, en las coordenadas 101°28 '30" longitud oeste y 25° 22 '41" latitud norte, a una altura de 1,460 metros sobre el nivel del mar.

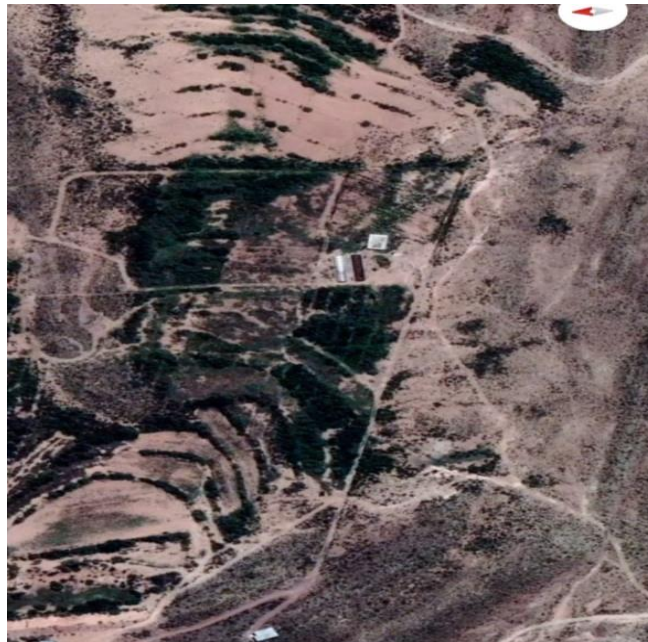


Figura 2. Fotografía tomada de Google earth donde se realizó el experimento.

3.2. Análisis de Suelo y Agua

Se analizó el agua de riego, para conocer las características químicas del agua y hacer una correcta preparación de las disoluciones fertilizantes. Los datos que se determinaron en el análisis de agua son CE a 25°C, pH, calcio (Ca),

magnesio (Mg), sodio (Na); potasio (K), carbonato (CO₃), bicarbonato HCO₃ cloro (Cl), sulfato (SO₄), nitrato (NO₃), materia orgánica; también se realizó un análisis de suelo, es determinar el estado de su fertilidad e identificar los nutrientes que podrían limitar el rendimiento de las plantas, ya sea por encontrarse en exceso o en deficiencia, y así identificar los nutrientes que se encuentran en el agua y en el suelo y de esta manera restar a la concentración de la solución Steiner que se realizó en ésta investigación.

3.3. Material Vegetal

- *Lippia graveolens* H.B.K.
- *Tres cepas de Azospirillum sp.* Aisladas en el laboratorio de biotecnología del Departamento de Horticultura de la UAAAN (M1-5, M6-2, 38M)
- Cepa comercial (cc). *Azospirillum brasilincis*.

3.4. Ciclo de Cultivo

Se estableció el cultivo a partir de plantas obtenidas de una plantación comercial del ejido El Amparo, Parras, Coahuila. Se procuró que las plantas tuvieran una altura de entre 20 y 25 cm, se depositaron en bolsas con un poco de suelo, después se les agregó agua para mantener humedad hasta que se realizó el trasplante en los dos ambientes, esto fue entre el 21 y 28 de febrero de 2019.

Para iniciar los tratamientos el 30 de junio del 2019 se realizó un corte de la parte aérea a 25 cm del suelo para tener una uniformidad en el experimento, el corte

de nuestro experimento para obtener las variables deseadas se llevó a cabo el 31 de agosto del 2019

3.5. Establecimiento de Tratamientos

Se probaron dos ambientes (campo abierto e invernadero) para evaluar la respuesta del orégano.

En cada ambiente se probaron tres concentraciones de solución Steiner ajustada descontando los aportes de suelo y agua, (100%, 50% y 0%), los riegos se efectuaron una vez por semana.

En cada concentración de solución Steiner se probaron 3 cepas de *Azospirillum spp.* aisladas en el Departamento de Horticultura de la UAAAN, y una cepa comercial: (*Azospirillum brasilincis*); así como un testigo sin la adición de bacterias.

A cada planta de orégano se le agregaron 20 ml de solución con rizobacterias en concentración de 10^6 unidades formadoras de colonias cada 30 días en la base del tallo principal inyectadas con jeringas de 20 ml.

Con un total de 15 tratamientos por ambiente y tres repeticiones por tratamiento y tres individuos por tratamiento, dando un total de 135 plantas por ambiente (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Conformación de los tratamientos, en cada ambiente.

Tratamiento	Bacterias Fijadoras de Nitrógeno	Nutrición Química (N de Solución Steiner)
1	Sin bacterias (SB)	0 %
2	Sin bacterias (SB)	50 %
3	Sin bacterias (SB)	100 %
4	Cepa M1 (CM1)	0 %
5	Cepa M1 (CM1)	50 %
6	Cepa M1 (CM1)	100 %
7	Cepa M2 (CM2)	0 %
8	Cepa M2 (CM2)	50 %
9	Cepa M2 (CM2)	100 %
10	Cepa M3 (CM3)	0 %
11	Cepa M3 (CM3)	50 %
12	Cepa M3 (CM3)	100 %
13	Cepa Comercial (CC)	0 %
14	Cepa Comercial (CC)	50 %
15	Cepa Comercial (CC)	100 %

3.6. Variables Estudiadas

3.6.1. Altura de la planta (AP)

Se midió con una cinta métrica desde la base de la planta hasta el ápice (cm).

3.6.2. Diámetro mayor de Planta (DHP)

Se tomó la medida en su porción más larga (cm) del dosel de la planta.

3.6.3. Diámetro menor de Planta (DMP)

Se tomó la medida (cm) su porción más angosta del dosel de la planta.

3.7 Cosecha

Se cosecho la parte aérea de las plantas, a 25 cm sobre la superficie del suelo, se usaron tijeras de podar, esto con la finalidad de obtener los siguientes datos:

3.7.1. Peso fresco (gr)

Al momento del corte se pesó la muestra con ayuda de una balanza granataria marca Sigma con una precisión de 0.1 gr, para obtener los datos necesarios.

3.7.2. Peso seco (PS), Peso seco de tallo (PST) y Peso seco de hoja (PSH). (gr)

La muestra obtenida se colocó en bolsas de papel estraza y se guardaron en el invernadero donde las temperaturas alcanzaban temperaturas superiores a 40° C., después del quinto día se pesaron cada día, hasta no tener cambios en el peso. De esta muestra se separó el tallo y hojas, para obtener el peso seco de tallo y peso seco de hoja.

3.8. Obtención de Minerales

La obtención de la cantidad de minerales en hoja de orégano se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos y Análisis Mineral del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.8.1. Nitrógeno (N)

Para la determinación de la cantidad de este elemento se pesaron 0.05 gr de muestra seca y se agregaron 5 ml de la sustancia llamada Solución digestora para ponerlas en una estufa eléctrica en la que permanecieron a una temperatura de 400°C hasta obtener un color verde limón, y una vez obtenido este color se dejaron enfriar para pasarlas al micro kjendahl LAB-CONCO 65000.

A un vaso de precipitado se le agregaron 30 ml de ácido bórico con 3 gotas de indicador, ya teniendo esta sustancia se preparó el destilador y se le agregó la muestra en la válvula superior del micro kjendahl, posteriormente se agregó el hidróxido de sodio Na OH 50% con 0.1 gr de Fenofaleina, hasta obtener 30 ml de la sustancia final de color verde.

Con la muestra obtenida y con una micropipeta (Bio Pette Plus) se le agregaron gotas de ácido sulfúrico 0.025N, hasta obtener un color rosa y de esta manera obtener un valor el cual fue sustituido en la fórmula y así obtener el % de Nitrógeno.

$$\% \text{ de N} = \frac{(\text{ml H}_2\text{SO}_4 \text{ gastados} - \text{ml H}_2\text{SO}_4 \text{ blanco}) * N * 0.014 * 100}{\text{Peso muestra}}$$

3.8.2 Obtención de P, K, Ca, Mg, Cu y Zn

Primer paso

Para estimar la cantidad de los minerales se colocaron las muestras de los tratamientos en una estufa de secado, con la finalidad de no tener humedad en las muestras, se estuvieron secando y pesando hasta que su peso se mantuviera constante.

Segundo paso

Se procedió a sacar el peso de los crisoles para después agregar 0.5 gr de muestra en cada crisol, después se colocaron al fuego para carbonizar la muestra, esto con el fin de que el hollín que desprenden las muestras no se acumule en la mufla.

Tercer paso

Todas las muestras se colocaron en una MUFLA Lindberg/blue, serie BF51841, a una temperatura de 200°C por dos horas, después de ese tiempo se aumentó la temperatura a 400°C por otras dos horas y después a 600°C también por dos horas.

Cuarto paso

Una vez que bajo la temperatura y fue posible la manipulación de las muestras, se obtuvo el peso de la ceniza, restando el peso obtenido menos el peso del crisol, después se agregó 5 ml de solución de HCl al 20% posteriormente se filtró cada muestra y se aforaron a 50 ml con agua desionizada; y con esta solución se procedió a estimar los minerales siguientes en cada una de las muestras:

- P (Fósforo)
- K (Potasio)
- Ca (Calcio)
- Mg (Magnesio)
- Cu (Cobre)
- Zn (Zinc).

A continuación, se describirá el procedimiento para sacar la concentración de cada mineral.

3.8.2.1 Fósforo (P)

Para estimar la cantidad de este mineral se utilizaron dos soluciones: 1) solución de molibdato de amonio y 2) Ácido aminonaftolsulfónico (ANSA).

En tubos de ensaye se colocó 1 ml de la muestra, después se le agregaron a cada tubo de ensaye 5 ml de molibdato de amonio y 2 ml de ANZA una vez agregadas las dos soluciones en un aparato llamado Bortex se agitaron durante 5 segundos para obtener una mezcla homogénea. Se dejaron reposar por 20 min y

después se pasaron a las celdas del espectrómetro XplorAA Dual donde se tomaron las lecturas correspondientes donde la longitud de onda fue de 520 nm.

3.8.2.2 Potasio (K)

Para la determinación de la cantidad de este mineral se hizo una curva de calibración con tres estándares con concentraciones conocidas de: 100, 200 y 300 ppm con lampara de longitud de onda de 404.40 nm.

Se utilizo un espectrómetro de la marca XplorAA Dual. El cual nos dio la lectura de mg/ml y se utilizó la siguiente formula

$$\text{mg/kg} = (X * 50 * 1) / 0.5$$

X= el resultado del espectrómetro (mg/ml).

50= aforo de la muestra

1= dilución.

0.5= peso de la muestra en gr.

3.8.2.3 Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)

La muestra original se diluyó en 1 a 100. Para ello se procedió a tomar 100 microlitros y con agua desionizada se aforó en un matraz de 10 ml, una vez que se hicieron todas las diluciones de todas las muestras, se pasaron al laboratorio donde se tomaron las lecturas correspondientes en el equipo GBC Scientific Equipmenten de la marca XplorAA Dual., antes de ello se realizó la lectura de tres estándares, de una concentración conocida al 1, 2 y 3 ppm con lampara de longitud de onda de 422.70 y 202.60 nm.

3.8.2.4. Cobre (Cu)

Para estimar la cantidad de este mineral se realizaron tres estándares que fueron al 1, 2 y 3 ppm, para las primeras lecturas. En el siguiente paso se procedió a colocar cada una de las muestras al espectrómetro de la marca XplorAA Dual para obtener las concentraciones de las muestras con lampara de longitud de onda de 324.70 nm.

3.8.2.5. Zinc (Zn)

Para determinar la cantidad de este mineral se realizaron tres estándares para las primeras lecturas a 0.5, 1 y 1.5 ppm. Después de procedió a meter cada una de las muestras al espectrómetro de la marca XplorAA Dual para poder obtener las concentraciones de las muestras con lampara de longitud de onda de 213.90 nm.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Macroelementos en tejidos vegetales

El análisis de varianza aplicado a las variables de minerales exhibió diferencias significativas entre ambiente para cuatro de cinco elementos estudiados indicando que la absorción de elementos si fue afectada por el ambiente de producción (Cuadro 4.1). En todos los casos es posible ver que por lo menos un tratamiento si afecto la absorción de elementos minerales por parte de la planta. Así mismo se observaron diferencias significativas en la interacción ambiente por tratamiento, lo cual indica que el ambiente si afecto de forma significativa el efecto de los tratamientos en la absorción de los elementos minerales (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Análisis de varianza aplicado la concentración de elementos minerales en tejidos vegetales en *Lippia graveolens* desarrollado en dos ambientes de producción con nutrición química y orgánica.

Cuadrados medios						
Fuente de Variación	Grados de Libertad	N	P	K	Ca	Mg
Ambiente (A)	1	81035111**	3.9200381E12**	652325	272386707**	854587**
Rep(Ambiente)	4	11150222ns	1210153486ns	1029950	18890859	145582
Tratamiento (T)	14	20944000**	2218351583**	3513163**	68549795**	221662*
A*T	14	21255111**	2214773337**	3087316**	33773889**	298073**
Error	56	6530222	556483194	544061	12966604	103394

4.2. Efecto Ambiental sobre el Contenido de Macroelementos

La comparación de medias para ambientes muestra que el ambiente de producción afectó de forma diferencial el contenido mineral de los tejidos de *Lippia graveolens*, en campo abierto las plantas de orégano cultivadas en invernadero tuvieron mayor cantidad de nitrógeno, sin embargo, en invernadero tuvieron mayor cantidad de fósforo, calcio y magnesio, indicando que el ambiente de producción sí puede afectar la absorción de elementos minerales (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Comparación de medias del contenido mineral en tejidos de *Lippia graveolens* a través de ambientes de producción

	N	P	K	Ca	Mg
Ambiente	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1 Campo abierto	12522.2 a	3293 b	8283.6 a	14007.1 b	1546.22 b
2 Invernadero	10624.4 b	420694 a	8113.3 a	17486.5 a	1741.11 a

La diferencia entre los dos ambientes bajo estudio, fue de temperatura e incidencia solar, ya que en invernadero la temperatura fue mayor y la incidencia solar fue menor en comparación con estas variables registradas en campo abierto.

4.3. Efecto de los Tratamientos Sobre el Contenido de Macroelementos

La comparación de medias del contenido mineral a través de tratamientos, muestra diferencias significativas en el contenido de nitrógeno, observando una tendencia a disminuir el contenido de este elemento, usando la solución de Steiner

al 100%. Mientras que con 0 o 50 % de la solución de Steiner el nitrógeno se encontraron las mayores cantidades en los tejidos vegetales, y los mayores valores se encontraron sin el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno y 50% de solución de Steiner alcanzando 15,400 mg/kg, aunque fue significativamente igual a nueve tratamientos más (Cuadro 4.3).

Juárez-Rosete en (2019) reporta 3.39% de N en *Origanum vulgare ssp.* Con riegos y solución Steiner al 100% y, sin embargo, hace mención de que no tuvo alta producción de biomasa, lo que podemos afirmar ya que en este experimento la mayor concentración obtenida fue de 1.5 % de N en hoja seca, a un nivel de solución Steiner del 50 %. Lo cual podemos concluir que un suministro de N en exceso no se refleja en una mayor cantidad de biomasa.

En relación al contenido de fósforo se encontró que los tratamientos 15,12 y 6 presentaron los mayores valores respecto al contenido de este elemento en tejidos de *Lippia*, coincidiendo con contenidos de 100% de fósforo en la solución de Steiner, así mismo se puede indicar que no se observaron diferencias significativas entre las diferentes cepas de bacterias utilizadas (Cuadro 4.3).

Juárez-Rosete en (2019) reporta 0.49% de P en *Origanum vulgare*. Con riegos y solución Steiner al 100% de nitrógeno. En este experimento el mejor tratamiento fue el 15 mostrándose con un valor de 0.40% a una concentración de 100%, además, hace mención de que el orégano al estar sometido a niveles muy altos de fósforo no afecta la producción de biomasa.

En el caso de potasio también se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y fue el tratamiento 2, 7, 12 y 14 los que presentaron los mayores valores, aunque fueron significativamente iguales a ocho tratamientos más. En el caso de este elemento no se observan tendencias en función de los niveles de la nutrición química utilizada o bien del uso de cepas bacterianas (Cuadro 4.3).

Juárez-Rosete en (2019) reporta el 3.20 % de K en *Origanum vulgare*. Con riegos y solución Steiner al 50% en contenido de nitrógeno, a diferencia de nuestro mejor tratamiento que fue el 2 mostrándose con un valor de 9.25% a una concentración de solución Steiner de 50% y sin el uso de cepas bacterianas, lo que puede afirmarse lo mencionado Juárez-Rosete (2019) que el K puede acumularse en la biomasa, pero no precisamente conlleva a tener un incremento en la producción de biomasa.

La comparación de medias muestra que en el caso del contenido de Calcio en *Lippia graveolens* se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, donde el tratamiento 3 fue el que presentó el mayor valor, aunque fue significativamente igual a los tratamientos 4 y 15 y supero significativamente a 12 tratamientos restantes. No se observa respuestas a las cepas bacterianas estudiadas ni a los niveles de nutrición química estudiados (Cuadro 4.3).

En el caso de magnesio no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, se puede afirmar que los tratamientos aplicados no afectaron el contenido de magnesio en el cultivo de orégano (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Valores medios del contenido de elementos minerales en tejidos de *Lippia graveolens*, en respuesta al uso de cepas bacterianas y niveles de nutrición química, estudiados en dos ambientes de producción.

TRATAMIENTOS			N mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
No.	Bacteria	Fertilización % N Sol. Steiner					
1	S/B	0	12133 AB	3296.88 C	8552.8 AB	14483 B	1891.7 A
2	S/B	50	15400 A	3680.99 ABC	9256.3 A	16137 B	1665 A
3	S/B	100	14000 AB	3571.61 ABC	7022.8 CD	25257 A	1813.3 A
4	CM1	0	13300 AB	3386.72 BC	7153.2 BCD	18147 AB	1766.7 A
5	CM1	50	11667 AB	3804.69 ABC	8573.8 AB	12728 B	1431.7 A
6	CM1	100	9333 B	3923.18 A	8118.5 ABCD	13853 B	1465 A
7	CM2	0	10033 B	3829.43 AB	8941.0 A	12448 B	1453.3 A
8	CM2	50	9333 B	3919.27 A	7874.3 ABCD	12555 B	1645 A
9	CM2	100	9100 B	3597.66 ABC	8496.6 ABC	12552 B	1525 A
10	CM3	0	11900 AB	3776.04 ABC	6624.3 D	17698 B	1486.7 A
11	CM3	50	10267 AB	3843.75 AB	8630.1 AB	15058 B	1693.3 A
12	CM3	100	10033 B	4026.04 A	8826.2 A	14792 B	1575 A
13	CC	0	12367 AB	3658.85 ABC	8052.0 ABCD	16468 B	1823.3 A
14	CC	50	12833 AB	3907.55 A	8875.3 A	14878 B	1385 A
15	CC	100	11900 AB	4027.34 A	7980.0 ABCD	19147 AB	2035 A

IV.4. Análisis de Microelementos en tejidos vegetales

El análisis de varianza aplicado a las variables de microelementos exhibió diferencias significativas entre ambiente para dos elementos estudiados indicando

que la absorción de cobre y Zinc si fue afectada por el ambiente de producción. Lo cual se corrobora al hacer los análisis de tejidos vegetales de orégano (Cuadro 4.4).

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para la variable Cu, aunque si se encontraron para Zn, indicando que por lo menos un tratamiento si afecto el contenido de Zn en las plantas de orégano.

También se observaron diferencias significativas en la interacción A x T, indicando que tanto el contenido de Cu como el Zn, tendrán un comportamiento diferente dependiendo del ambiente de producción y el tratamiento bajo estudio (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Análisis de varianza aplicado la concentración de microelementos en tejidos vegetales en *Lippia graveolens* desarrollado en dos ambientes de producción con nutrición química y orgánica.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios	
		Cu	Zn
Ambiente (A)	1	186.336**	879.219**
Rep(Ambiente)	4	2.276 ^{NS}	47.074 ^{NS}
Tratamiento (T)	14	1.162 ^{NS}	46.765*
A*T	14	2.300*	39.972*
Error	56	1.029	19.455

4.5. Efecto Ambiental Sobre el Contenido de Microelementos

La comparación de medias para ambientes muestra que el ambiente de producción sí afectó de forma diferencial el contenido de microelementos de los tejidos de *Lippia graveolens* (Cuadro 4.5).

Se infiere que la mayor temperatura registrada dentro del invernadero fue la que influyó para lograr una mayor concentración de Cu y Zn dentro del invernadero, ya que las plantas producidas en invernadero tuvieron 53.6% más Cu y 24.8% más Zn que las producidas en campo abierto o bien probablemente también influyó la menor radiación solar incidente dentro del invernadero.

Cuadro (4.5). Comparación de medias del contenido de microelementos en tejidos vegetales de *Lippia graveolens* a través de ambientes de producción.

	Ambiente	Cu mg/kg	Zn mg/kg
1	Campo abierto	5.369 b	25.240 b
2	Invernadero	8.247 a	31.491 a

4.6. Efecto de los Tratamientos Sobre el Contenido de Microelementos

La comparación de medias del contenido de microelementos a través de tratamientos, no muestra diferencias significativas en el contenido de cobre en

cambio sí hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos para zinc. Se encontró que el tratamiento 15 presentó la mayor cantidad de Zn (**36.083 mg/kg**), aunque fue estadísticamente igual a todos los tratamientos que recibieron el 50% de nitrógeno de la solución de Steiner utilizada en el riego de este cultivo. Sin embargo, el tratamiento 15 superó en 44.9% al tratamiento con la menor cantidad de Zn, que fue el tratamiento 7, con 0 % de nitrógeno en la solución de Steiner aplicada vía riego, es importante señalar que los tratamientos con 0 % de nitrógeno presentaron una tendencia a presentar bajas cantidades de Zn en los tejidos de orégano (Cuadro 4.6). Los resultados encontrados indican que el nitrógeno favorece la absorción del Zn, probablemente por un mejor desarrollo vegetativo. Aunque la absorción de Cu puede disminuir la toma Zn y viceversa, es probable que este antagonismo pudo haber inducido pobre efecto en estos dos micro elementos, o diferencias significativas en un solo elemento.

4.7. Análisis de las variables agronómicas en *L. graveolens*

El análisis de varianza aplicado a las variables agronómicas exhibió diferencias significativas entre ambientes para todas las variables estudiadas indicando que la producción de biomasa sí fue afectada por el ambiente de producción (Cuadro 4.7). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, los niveles de nutrición nitrogenada o el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno no afectaron la producción de biomasa. Sin embargo, en la interacción ambiente-tratamiento sí se observa una diferencia significativa, lo cual

indica que el ambiente en combinación con los tratamientos si afectan a las variables agronómicas bajo estudio (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.6. Comparación de medias del contenido de microelementos en tejidos de *Lippia graveolens*, en respuesta a tratamientos con cepas bacterianas y niveles de nutrición química, estudiados en dos ambientes de producción.

Tratamientos			Cu mg/kg	Zn mg/kg
No.	Bacteria	Nutrición % N Sol. Steiner		
1	S/B	0	6.733 A	27.233 AB
2	S/B	50	6.817 A	28.617 AB
3	S/B	100	6.733 A	27.45 AB
4	CM1	0	6.833 A	27.017 B
5	CM1	50	5.767 A	28.117 AB
6	CM1	100	6.733 A	30.433 AB
7	CM2	0	6.650 A	24.900 B
8	CM2	50	7.117 A	27.317 AB
9	CM2	100	6.983 A	30.717 AB
10	CM3	0	6.217 A	26.267 B
11	CM3	50	6.900 A	28.583 AB
12	CM3	100	6.850 A	26.517 B
13	CC	0	6.700 A	25.417 B
14	CC	50	7.467 A	30.817 AB
15	CC	100	<u>7.617 A</u>	<u>36.083 A</u>

Cuadro 4.7. Análisis de varianza aplicado de las variables agronómicas en *Lippia graveolens* desarrollado en dos ambientes de producción con nutrición química y orgánica.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios					
	AP	DP	PF	PS	PST	PSH	
Ambiente (A)	1	3473.9**	5936.4**	388196.4**	15286.0**	4824.7**	3505.2**
Rep (Ambiente)	4	486.6*	161.8*	9983.4 ^{NS}	1949.4 ^{NS}	367.4 ^{NS}	399.6 ^{NS}
Tratamiento (T)	14	121.9 ^{NS}	65.2 ^{NS}	11261.4 ^{NS}	1364.4 ^{NS}	322.3 ^{NS}	327.3 ^{NS}
A*T	14	274.2*	122.0*	22914.8*	2840.9*	679.4*	657.7*
Error	56	202.3	98.3	10947.6	1415.5	287.1	360.3

4.8. Efecto del Ambiente de Producción Sobre Variables Agronómicas

La comparación de medias para ambientes muestra que el ambiente de producción en invernadero, favoreció una mayor expresión de las variables estudiadas en *Lippia graveolens* (Cuadro 4.8).

Considerando que el orégano es una especie que se desarrolla favorablemente en ambientes cálidos, las mayores temperaturas registradas en el ambiente de invernadero favorecieron el mejor desarrollo de la planta, demostrando que bajo estos ambientes de producción es posible obtener mayor cantidad de biomasa, lo cual puede ser favorable para aquellos agricultores que se dedican a la cosecha de esta especie.

Cuadro (4.8). Comparación de medias de la producción de biomasa de *Lippia graveolens* a través de ambientes de producción.

		AP	DP	PF	PS	PST	PSH
	Ambiente	cm	cm	gr	gr	gr	gr
1	Campo abierto	59.12 b	39.98 b	102.22 b	51.21 b	18.96 b	27.98 b
2	Invernadero	71.54 a	56.22 a	233.68 a	77.28 a	33.61 a	40.46 a

4.9. Efecto de los tratamientos Sobre Variables Agronómicas

La comparación de medias aplicada se observa en cuanto a los tratamientos que no existe diferencia significativa en la producción de biomasa mostrándose estadísticamente iguales perteneciendo a un mismo grupo (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9. Comparación de medias de la producción de biomasa en respuesta a tratamientos con cepas bacterianas y niveles de nutrición química, estudiados en dos ambientes de producción.

TRATAMIENTOS			Alt. cm	Dpro cm	PF gr	PS gr	Tallo gr	Hoja gr
No.	Bac- terias	Nutrición % N Sol. Steiner						
1	S/B	0	67.89 A	34.94 A	171.84 A	73.22 A	30.04 A	39.94 A
2	S/B	50	60.64 A	29.53 A	112.12 A	46.78 A	18.36 A	25.83 A
3	S/B	100	69.67 A	35.83 A	274.38 A	101.57 A	41.59 A	52.97 A
4	CM1	0	67.44 A	33.53 A	188.17 A	77.89 A	29.59 A	39.98 A
5	CM1	50	61.22 A	29.44 A	139.6 A	56.83 A	22.70 A	30.48 A
6	CM1	100	65.14 A	31.22 A	193.58 A	61.22 A	26.05A	29.4 A
7	CM2	0	63.36 A	30.92 A	114.05 A	46.78 A	17.02 A	24.64 A
8	CM2	50	59.55 A	22.61 A	142.89 A	54.06 A	18.47 A	32.93 A
9	CM2	100	69.16 A	32.67 A	213.11 A	76.61 A	35.44 A	38.06 A
10	CM3	0	70.61 A	36.30 A	178.95 A	72.11 A	33.44 A	38.16 A
11	CM3	50	61.61 A	28.36 A	170.05 A	66.11 A	25.21 A	37.25 A
12	CM3	100	62.50 A	32.25 A	140.40 A	51.17 A	20.51 A	26.93 A
13	CC	0	70.83 A	36.41 A	201.48 A	69.78 A	31.74 A	34.58 A
14	CC	50	71.61 A	36.81 A	159.30 A	63.33 A	26.26 A	35.08 A
15	CC	100	54.80 A	26.56 A	120.08 A	46.22 A	17.85 A	27.03 A

4.10. Efecto de la interacción ambientes-tratamientos en la producción de biomasa de *L. graveolens*

La prueba de medias de la interacción ambientes-tratamientos muestra una diferencia significativa en cada una de las variables, indicando que la repuesta de

las plantas de orégano fue diferente en cada uno de los ambientes bajo estudio (Cuadro 4.10).

En la variable altura se muestra que en campo abierto se tuvo una media de 59.11 cm, mientras que en invernadero fue de 71.03, manifestando un mejor comportamiento en invernadero. Aunque no hay diferencias significativas entre tratamientos es posible ver que en campo abierto siempre se registraron menores alturas de planta y la más baja registrada fue en el tratamiento 9 con 46.59 cm, mientras que en invernadero ese mismo tratamiento registro 93.78 cm, también es posible ver que los tratamientos con 100% de nitrógeno en la solución de Steiner, en invernadero registraron los mayores valores de altura de planta.

El mejor tratamiento para altura de planta coincide con lo reportado por Turgut Dunford. (2005) quien obtuvo 92 cm de altura bajo condiciones de invernadero con la diferencia que el valor mencionado lo obtuvo a los 90 días de madurez de la planta mientras que en esta investigación el tratamiento 9 fue el que exhibió la mayor altura con un valor de 93.78 cm y se obtuvo a los 60 días.

Cuadro 4.10. Respuesta de la altura de planta de orégano a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.

No.	Tratamientos		Altura de Planta (cm)		Media de Tratamientos
	Bacterias	Nutrición % N Sol. Steiner	Campo Abierto	Invernadero	
1	S/B	0	65.56	70.22	67.89 A
2	S/B	50	61.89	59.39	60.64 A
3	S/B	100	55.78	83.56	69.67 A
4	CM1	0	67.00	67.89	67.44 A
5	CM1	50	60.11	62.33	61.22 A
6	CM1	100	59.33	70.94	65.14 A
7	CM2	0	58.17	68.56	63.36 A
8	CM2	50	55.00	64.11	59.56 A
9	CM2	100	44.56	93.78	69.17 A
10	CM3	0	69.78	71.44	70.61 A
11	CM3	50	60.78	62.44	61.61 A
12	CM3	100	55.11	69.89	62.50 A
13	CC	0	58.44	83.22	70.83 A
14	CC	50	66.00	77.22	71.61 A
15	CC	100	49.22	60.39	54.81 A
Media de ambientes significativamente diferentes			59.11 B	71.03 A	

Para el caso de diámetro promedio de planta, la prueba de medias nos indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, si se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre ambientes. El tratamiento 9 fue el

que exhibió el menor diámetro promedio de planta, mostrando que en campo abierto el tratamiento 9 presento el menor diámetro, mientras que el tratamiento 4 fue el que presento el mayor valor con 34.5 cm, mientras que en invernadero el tratamiento 8 fue el que presento el menor valor con 16.72 cm, mientras que en invernadero el tratamiento 3 fue el que presento el mayor valor con 42.78 (Cuadro 4.11). Esta variable no muestra una tendencia definida de las respuestas de los tratamientos al ambiente de producción, aunque si hubo diferencias significativas entre ambientes.

En relación a el peso fresco, la prueba de medias muestra que hay diferencias significativas en la interacción de ambiente x tratamiento, Indicando que la respuesta de los tratamientos a través de ambientes no fue la misma, encontrando diferencias altamente significativas con un peso fresco de 102.32 en campo abierto, mientras que en invernadero fue de 233.67. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos aunque el tratamiento con el menor peso fresco fue el 9 con un peso de 20.51 gr, mientras el tratamiento 10 presentó un peso fresco de 231.88 gr, sin embargo en invernadero el tratamiento 10 fue el que presento el menor valor con 126.02 gr y fue el tratamiento 3 el que presento el mayor peso con 435 gr de peso fresco, lo anterior indica como las plantas respondieron de forma diferente a los niveles y nutrición con bacterias utilizadas en ésta investigación (Cuadro 4.12). El comportamiento sobresaliente en invernadero obtenido a los 60 días, supera por mucho lo reportado por Juárez-Rosete en (2019), con *O. vulgare*, ya que obtuvo 19.73 g de materia fresca en 60 días y con fertilización con solución Steiner al 75% y cultivadas en malla sombra.

Cuadro 4.11. Respuesta del diámetro promedio de planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.

No.	Tratamientos		Diámetro Promedio (cm)		Media de Tratamientos
	Bacterias	Nutrición % N Sol. Steiner	Campo Abierto	Invernadero	
1	S/B	0	33.78	36.11	34.94 A
2	S/B	50	31.94	27.11	29.53 A
3	S/B	100	28.89	42.78	35.83 A
4	CM1	0	34.50	32.56	33.53 A
5	CM1	50	31.06	27.83	29.44 A
6	CM1	100	30.67	31.78	31.22 A
7	CM2	0	26.56	35.28	30.92 A
8	CM2	50	28.50	16.72	22.61 A
9	CM2	100	23.28	42.06	32.67 A
10	CM3	0	35.89	36.72	36.31 A
11	CM3	50	31.39	25.33	28.36 A
12	CM3	100	28.56	35.94	32.25 A
13	CC	0	30.22	42.61	36.42 A
14	CC	50	34.00	39.61	36.81 A
15	CC	100	25.61	27.50	26.56 A
Media de ambientes					
significativamente diferentes			30.32	33.33	

Cuadro 4.12. Respuesta del peso fresco de planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.

No.	Tratamientos		Peso Fresco (gr)		Media de Tratamientos
	Bacterias	Nutrición % N Sol. Steiner	Campo Abierto	Invernadero	
1	S/B	0	106.12	237.56	171.84 A
2	S/B	50	91.44	132.81	112.12 A
3	S/B	100	113.55	435.21	274.38 A
4	CM1	0	135.55	240.79	188.17 A
5	CM1	50	125.94	153.24	139.59 A
6	CM1	100	110.21	276.95	193.58 A
7	CM2	0	80.57	147.52	114.04 A
8	CM2	50	53.84	231.94	142.89 A
9	CM2	100	20.51	405.70	213.11 A
10	CM3	0	231.88	126.02	178.95 A
11	CM3	50	126.07	214.02	170.04 A
12	CM3	100	51.04	229.76	140.40 A
13	CC	0	75.75	327.21	201.48 A
14	CC	50	106.69	211.91	159.30 A
15	CC	100	105.69	134.47	120.08 A
Media de ambientes significativamente diferentes			102.32B	233.67A	

En cuanto a la cantidad de peso seco la prueba de medias aplicada nos muestra diferencias significativas la interacción entre los ambientes de estudio y los tratamientos dándonos a conocer que los tratamientos 3 y 9 de invernadero son los que mayores valores obtuvieron con 142.33 y 141 gr respectivamente de materia

seca, aunque estadísticamente iguales que 27 tratamientos más y solo superando estadísticamente al tratamiento 9 de campo abierto con valor de 12.22 gr de materia seca (cuadro 4.13).

Cuadro 4.13. Respuesta del peso seco total de planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.

Tratamientos			Peso Seco (gr)		Media de Tratamientos
No.	Bacterias	Nutrición % N Sol. Steiner	Campo Abierto	Invernadero	
1	S/B	0	60.33	86.11	73.22 A
2	S/B	50	50.50	43.06	46.78 A
3	S/B	100	60.80	142.33	101.57 A
4	CM1	0	71.28	84.50	77.89 A
5	CM1	50	60.89	52.78	56.83 A
6	CM1	100	53.44	69.00	61.22 A
7	CM2	0	46.56	47.00	46.78 A
8	CM2	50	30.00	78.11	54.06 A
9	CM2	100	12.22	141.00	76.61 A
10	CM3	0	96.56	47.67	72.11 A
11	CM3	50	60.44	71.78	66.11 A
12	CM3	100	27.78	74.56	51.17 A
13	CC	0	35.22	104.33	69.78 A
14	CC	50	52.89	73.78	63.33 A
15	CC	100	49.28	43.17	46.22 A
Media de ambientes significativamente diferentes			51.21	77.28	

Con el tratamiento 3 en invernadero con el uso de solución Steiner al 100%, en este experimento podemos obtener 142.33 g. de materia seca por planta mientras que Juárez-Rosete en 2019 obtuvieron en *O. vulgare* 2.8 g de materia fresca en 60 días con fertilización con solución Steiner al 50%, cultivadas en malla sombra.

Sobre la cantidad de peso seco de tallo la prueba de medias aplicada a la interacción ambiente-tratamiento exhibe que al menos uno de los tratamientos evaluados en dos ambientes de producción es diferente estadísticamente, en este caso el tratamiento 9 de invernadero con un valor de 67.86 gr de peso seco de tallo es el mejor, aunque sin embargo estadísticamente nos menciona que es igual a otros 25 tratamientos y siendo superior a los tratamientos 8, 9, 12 y 13 de campo abierto (Cuadro 4.14).

En cuanto a la cantidad de peso seco de hoja, la prueba de medias de la interacción ambiente-tratamiento aplicada para esta variable exhibe que el tratamiento 3 de invernadero mostro el mejor valor con 73.47 gr de hoja seca, aunque estadísticamente nos indica que es igual a otros 28 tratamientos y solo siendo superior al tratamiento 9 de campo abierto que fue el que menor valor mostro con 7.58 gr de hoja seca (Cuadro 4. 15).

Con el tratamiento 3 en invernadero de este experimento podemos obtener en una hectárea plantada con 25,000 plantas un promedio de 1.8 toneladas por hectárea de hoja seca, lo que supera por mucho lo reportado por Ruiz, J. A. (2009).

Para la localidad de Infernillo municipio de Higuera N.L. (México), con un rendimiento de 31.55 kg/ha de la especie de orégano *Poliomintha longiflora* Gray.

Cuadro 4.14. Respuesta del peso seco de tallo de la planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.

No.	Tratamientos		Peso seco de Tallo (gr)		Media de Tratamientos
	Bacterias	Nutrición % N Sol. Steiner	Campo Abierto	Invernadero	
1	S/B	0	20.4	39.69	30.04 A
2	S/B	50	20.59	16.14	18.36 A
3	S/B	100	20.1	63.08	41.58 A
4	CM1	0	23.45	35.74	29.59 A
5	CM1	50	24.32	21.09	22.70 A
6	CM1	100	20.6	31.49	26.04 A
7	CM2	0	14.87	19.18	17.02 A
8	CM2	50	9.72	27.22	18.47 A
9	CM2	100	3.0	67.86	35.4 A
10	CM3	0	42.67	24.22	33.44 A
11	CM3	50	22.79	27.63	25.21 A
12	CM3	100	8.57	32.45	20.50 A
13	CC	0	13.03	50.44	31.73 A
14	CC	50	20.08	32.44	26.26 A
15	CC	100	20.25	15.45	17.85 A
Media de ambientes significativamente diferentes			18.96 B	33.61 A	

Cuadro .15. Respuesta del peso seco de hoja de la planta a la interacción del ambiente de producción y tratamientos de nutrición química y uso de bacterias fijadoras de nitrógeno.

No.	Tratamientos		Peso seco de Hoja (gr)		Media de Tratamientos
	Bacterias	Nutrición % N Sol. Steiner	Campo Abierto	Invernadero	
1	S/B	0	34.1	45.79	39.94 A
2	S/B	50	25.38	26.28	25.83 A
3	S/B	100	32.48	73.47	52.97 A
4	CM1	0	34.8	45.16	39.98 A
5	CM1	50	31.32	29.63	30.48 A
6	CM1	100	27.89	30.91	29.4 A
7	CM2	0	25	24.28	24.64 A
8	CM2	50	18.79	47.08	32.93 A
9	CM2	100	7.58	68.53	38.06 A
10	CM3	0	50.29	26.03	38.16 A
11	CM3	50	35.22	39.27	37.25 A
12	CM3	100	16.88	36.97	26.93 A
13	CC	0	19.34	49.82	34.58 A
14	CC	50	31.15	39.01	35.08 A
15	CC	100	29.43	24.63	27.03 A
Media de ambientes significativamente diferentes			27.98 B	40.46 A	

V. CONCLUSIONES

La concentración de elementos minerales si es afectada por el ambiente de producción, la producción en invernadero propicio mayores concentraciones de fósforo, calcio y magnesio, mientras que las mayores concentraciones de nitrógeno se obtuvieron en campo abierto. Así mismo la mayor producción de biomasa fue obtenida en invernadero.

Se puede afirmar que con la aplicación de solución Steiner al 100% y producción en invernadero es posible obtener una alta producción de biomasa.

La producción de *Lippia graveolens* en invernadero es una alternativa para evitar la explotación de poblaciones silvestres que amenazan con la pérdida de éste valioso recurso del semi-desierto de México.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Alejo, S, G., Luna, E, G., Sánchez, H, R., Salcedo, P, E., García, P, J. D., & Jiménez, M, V. M. 2015. Determinación del requerimiento de nitrógeno del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 21(3), 215-227.
2. Barea, J.M., M.J. Pozo, R. Azcón y C. Azcón Aguilar. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 56(417): 1761-1778.
3. Bruneton, J. 2001. *Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales*. 2ª Ed. Zaragoza: Acribia S. A.110-125.
4. Castillo, M. P. G. 2006. Contribución al conocimiento de la Biodiversidad de Insectos y Ácaros del Orégano en el estado de Durango.
5. Castro I., Casado M. A., Ramírez-Sanz L. D. M., Costa J. M., Díaz M. P. F. 1996. Funciones de estimación de la biomasa aérea de varias especies del matorral mediterráneo del centro de la península Ibérica.
6. Cavazos D. J. R. 1991. Análisis dimensionales de plantas de orégano (*Lippia berlandieri*) para la estimación de biomasa aérea. En: *Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México*. Bermejillo, Dgo. pp 110-117.
7. Conafor. Comisión Nacional Forestal 2009. Fichas de información comercial de productos forestales. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Desarrollo y Transferencia de

- Tecnología. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, SEMARNAT, México, D. F. 8-9 p.
8. Dobbelaere, S., Vanderleyden J. y Okon. Y. 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences* 22(2):107-149.
 9. Dunford, N. T., & Vázquez, R. S. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 7(1), 20-22
 10. Fao. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud (OMS). 2017. Programa conjunto de la FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comité sobre especias y hierbas culinarias. In: Tercera Reunión de la Comisión del CODEX alimentarius. 6 al 10 de febrero. Chennai, India. 9p
 11. Flores, A., Hernández, J., López, J., Valenzuela, L., Martínez, M., Madinaveitia, H. (2011). Producción y Extracción de Aceite de Orégano (*Lippia graveolens* Kunth) Bajo Cultivo en la Comarca Lagunera, Universidad Autónoma de Chapingo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 3
 12. Flores Rivera, E. 2009. Potencial productivo del orégano (*lippia graveolens* hbk.) y calidad de su aceite esencial en dos localidades del mezquital, dgo (Doctoral dissertation). pp. 16-21.

13. González G., M. C. 1999. Aceites esenciales de *Lippia* spp. En zonas de importancia económica del estado de Durango. Resultados preliminares. I Reunión Estatal de Ciencia y Tecnología. p. 106.
14. Hernández R. A. Arias, M. C. G. 1991. Aspectos ecológicos del orégano en el Altiplano Potosino. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Durango, pp 67-73.
15. Huerta, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. Conabio, Biodiversitas, 15, 8-13.
16. Juárez, R, C. R., Aguilar, C, J. A., Aburto, G, C. A., & Alejo, S, G. (2019). Producción de biomasa, requerimiento nutrimental de nitrógeno, fósforo y potasio, y concentración de la solución nutritiva en orégano. Revista Chapingo. Serie horticultura, 25(1), 17-28.
17. Kintzios, S.E. 2002. Profile of the multifaceted prince of the herbs, en: Oregano: the genera *Origanum* and *Lippia*, Kintzios S. E. {ed}. Taylor & Francis, London. pp 1- 8.
18. Kloepper, J. y Ch. Beauchamp. 1992. A review of issues related to measuring colonization of plant roots by bacteria. Canadian Journal of Microbiology 38: 1219-1232.
19. López, M, C. (2014). Distribución geográfica y ecológica de dos especies de orégano (*Poliomintha Longiflora* Gray. y *Lippia Graveolens* HBK) en el estado de San Luis Potosí, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma De San Luis Potosí Facultad De Agronomía Y Veterinaria. 22-26.

20. López C. Chanfón, S. Segura, G. 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencia de comunidades rurales. SEMARNAT, pp 60-65.
21. Lucy, M., E. Reed y Bernard R. Glick. 2004. Applications of free living growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*. 86(1): 1-25.
22. Maldonado, R, J.A. 1998. El orégano silvestre en México, Monografía Licenciatura UAAAN, Buenavista Saltillo Coahuila México.
23. Martínez, R, A, R. Puga, L. Hernández, S, G. Loarca, P, y Mendoza, S., (2008). Antioxidant and antimutagenetic activities of Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth). *Plant Foods for Human Nutrition*, 63, 1-5
24. Mata, G, R., and Meléndez, G, R., 2005. Growth Characteristics of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Under Salt Stress. *The Southwestern Naturalist*. Vol. 50: 1-6 p.
25. Meléndez, G. R., S.A. Ortega R. y R. Peña R. 1991. Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México. Primera edición. URUZA-UACH. Bermejillo, Durango, México. 1-10p.
26. Murillo, A. B., Nieto, G, A., López, A, R., Troyo, D, E., Rueda, P, E.O., Flores, H, A., Ruiz, E, F.H. 2013. Physiological, morphometric characteristics and yield of *Origanum vulgare* L. and *thymus vulgaris* L. exposed to open-field and shade-enclosure. *Industrial Crops and Products*. 49:659-667.

27. Niklas, K. J. 1995. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk-taper. *Annals of Botany* 75: 217-227.
28. Pierce A, 1999. Practical guide to natural medicines. The American Pharmaceutical Association. A Stonesong Press Book. William Morrow and Company, Inc. New York. P 728.
29. Restrepo, B.L.F., Gómez, G.L.M., De Ossa G.G.C 2012. Conocimiento y consumo de bebidas aromáticas en jóvenes en la ciudad de Medellín, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(1):87-97.
30. Rueda, R. M. 2015. Verbenácea. In: Hammel, B. E., M. H. Grayum, C. Herrera y N. Zamora (eds.). *Manual de Plantas de Costa Rica*. Vol. VIII. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 131:538-592.
31. Ruiz, J. A., Vázquez, R. S., & Hernández, D. I. F. (2009). Caracterización del aceite esencial de orégano liso (*Poliomintha longiflora* gray) de la localidad Infiernillo en el municipio de Higuera, NL, México. *Revista salud pública y nutrición*, 10(1).
32. Soto, R. J., Hernández, A. F., Franco, R. C., & Silva, R. 2007. Identificación y selección de genotipos de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) sobresalientes en producción de timol y carvacrol. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(1), 25-36.
33. Valdez G. H. y Meléndez, R., 1991. Respuesta del orégano *Lippia berlandieri* Schauer, al trasplante, riego y fertilización nitrogenada en la

- región de Delicias Chih. In: Estado actual del conocimiento sobre el orégano en México. Primera reunión nacional sobre orégano. 25-27 junio de 1990. Bermejillo, Durango.
34. Valencia, G, A., (2014). hierbas aromáticas y especias más utilizadas en México (no. tx819. h4. v34 2013.).
35. Vessey, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.
36. Villanueva, D, J., y Hernández, R, A., 2001. Opciones productivas para sitios con problemas de sales en la zona media potosina. Folleto Técnico No. 16. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC, México, 21 pp.
37. Villavicencio G., E. E., A. Cano P. y X. García C. 2010. Metodología para determinar las existencias de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en rodales naturales de Parras de la Fuente, Coahuila. Folleto Técnico Núm. 42. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Saltillo, Coah., México 42 p.
38. Villavicencio, G, E. E., Hernández, R, A., Aguilar, G, C. N., & García, C, X. (2018). Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(45), 187-207.
39. Villavicencio, E.; Martínez, O.; Cano, A. y Berlanga, C. 2007. Orégano, recurso con alto potencial. *Ciencia y Desarrollo*. 33:60-66.
40. Villegas, E, J.A., Briseño, R, S.E., Aguilar, G, M., Sosa, G.L., y Silva, C, R.A. 2013. Guía de cultivo de tarragón Francés Edit. Centro De

Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur,
México. 30 p.