

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Calidad Física y Fisiológica de la Semilla, Nutrición de Plántulas e Índice de Calidad de Planta de Orégano (*Lippia graveolens* Kunth).

Por:

**JESÚS ALONSO GUTIÉRREZ ARGUELLO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FORESTAL

Calidad Física y Fisiológica de la Semilla, Nutrición de Plántulas e Índice de  
Calidad de Planta de Orégano (*Lippia graveolens* Kunth)


Por:


**JESÚS ALONSO GUTIÉRREZ ARGUELLO**


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Jorge Méndez González  
Asesor Principal Interno

  
M.C. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez  
Asesor Principal Externo

  
M.C. Héctor Darío González López  
Coasesor

  
Ing. René Arturo De La Cruz Rodríguez  
Coasesor

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Declaro que:

El trabajo Calidad Física y Fisiológica de la Semilla, Nutrición de Plántulas e Índice de Calidad de Planta de Orégano (*Lippia graveolens* Kunth). El autor principal es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.


Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor Principal



Jesús Alonso Gutiérrez Arguello.

Asesor Principal



Dr. Jorge Méndez González.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Al Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP) Saltillo**

Por permitirme usar sus instalaciones y proporcionarme los materiales necesarios, para llevar a cabo este trabajo.

### **Al Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP**

Por apoyar esta tesis por medio del proyecto SIGI: 1440381320 titulado: Producción de Planta De Orégano (*Lippia graveolens* HBK) En Invernadero.

### **A mi asesora externa M.C. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez.**

Primero por su motivación para realizar un trabajo de tesis proporcionándome un tema además de los materiales necesarios, su valiosa participación al dedicar todo su tiempo para brindar asesorías, sugerencias, así como sus correcciones.

### **A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).**

Por abrirme las puertas para poder realizar mis estudios.

### **Al asesor interno el Dr. Jorge Méndez González,**

Por ayudarme en los cálculos para realizar mis resultados y llevar a cabo las discusiones al proporcionarme los Scripts. Además de los consejos que servirán para el caso en que realice otra investigación.

**Al coasesor M. C. Héctor Darío González López.**

No solo por ayudarme y dedicar su tiempo en colaborar para mi trabajo de tesis y por orientarme para mi formación durante toda mi estancia en la universidad.

**Al Ing. Renè Arturo De La Cruz Rodríguez**

Por dar su tiempo para hacer revisiones y sugerencias para este trabajo de tesis y por aceptar formar parte del comité.

**A mis padres Guadalupe Gutiérrez y Modesta Arguello.**

Por todo el apoyo tanto económico como emocional. A mi padre por todos sus consejos durante mis clases, ayudándome en las tareas que no entendía, ya sea ayudándome el mismo o consiguiendo a alguien más para que me orientara. Sobre todo, en el apoyo que me dio al decirle que cambiaría de carrera para irme a algo que es de mi interés, pero sobre todo siempre guiándome en la vida para tomar el camino correcto. A mi madre por siempre animarme y confiar siempre en mí, aun cuando nunca fui el mejor estudiante, no podía contar con que mi día saliera perfecto, pero con lo único con lo que podría contar es que mi mamá estaría ahí para animarme recibiendo un abrazo de ella.

**A Avril Lavigne**

Aunque nunca llegue a esto, gracias por su música que me motivo a hacer tanto mis tareas como a estudiar para las clases, además de ayudarme a concentrarme, mantenerme feliz y hacer mis días de camino a casa más ameno porque mientras lo hacía podía escuchar sus canciones mismas que marcaron mi vida, como Runaway, My World, Bigger wow, You aint seen nothin yet, Avalanche, The Best Damn Thing, Stop Standing there entre otras más.

### **A mi amiga Erika Paola Vicuña Espinoza**

Mi compañera de viaje y mi adc, ya que formamos un gran equipo siendo una botline, ella el adcarry (adc) y yo el support (supp). Fue una persona fundamental porque siempre me ayudó y no exageró cuando digo que sin ella no hubiera estado aquí. Algo de lo bueno que obtuve en todo mi camino fue una amistad tan real y recíproca, si es verdad que no hice muchos amigos o más bien ninguno porque sentí que ya no era necesario porque ya tenía a la persona que necesitaba, siendo muy opuestos lo que hacía que nos complementáramos y con esto haciendo un equipo perfecto, yo con esto ya no puedo pedir más. Valoro mucho su compañía, su ayuda, pero sobre todo su lealtad y las pláticas más largas y buenas que tuvimos son cosas que siempre valorare.

## DEDICATORIA

Quisiera dedicarle esta tesis a:

A mi **Padre José Guadalupe Gutiérrez Villagómez**, no solo por el apoyo económico que me dio durante todo mi camino, desde kínder hasta universidad. No le quitaré importancia a esto, pero para mí lo más importante fue su influencia que tuvo para mí, a tal grado de querer ser como él. Me hizo tener un interés en lo forestal desde niño, siempre platicando acerca de los árboles, yo sabiendo que en el fondo no me interesaba para nada, pero poco a poco me llamo la atención, hasta darme cuenta que esto era lo que quería hacer. Para mí el que me haya inspirado es más valioso.

A mi **Madre Modesta Arguello Reyes**, si alguien merece esto es ella, porque siempre fue la única que confió en mí (bueno mi padre también, pero ella más), y no hablo solamente durante mi estancia en la Universidad. Aun cuando veía que su hijo no era el más listo y era el que más fallaba. Pero su amor incondicional que me tiene, no le permitía dejar de creer en mí, por eso a ella más que a nadie quería fallarle.

A mi **perrita Puka**, que siempre me acompañó desde mi niñez hasta ahora, dejando de ser mi mascota para convertirse en parte de mi familia, mis días siempre son malos, pero si algo puede alegrar mi día es que al cruzar la puerta habrá alguien recibéndome con tanta felicidad, raspando mi pantalón, saltando y moviendo su colita. Aunque luego no me deje comer o me muerda cuando la quiero bañar, puedo decir que se convirtió en mi hermanita.

Por último, a mi **Hermano José Diego Gutiérrez Arguello** (Q.E.P.D), por desgracia una persona deleznable te arrebató tus metas. Estoy seguro que una de ellas era terminar tu carrera pero donde sea que estés puedes estar tranquilo porque esto lo logramos los dos, más porque yo te lo prometí cuando me despedí de ti.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE CUADROS .....	xv
RESUMEN .....	xvii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo General .....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
III. HIPÓTESIS .....	6
IV. REVISION DE LITERATURA.....	7
4.1. Clasificación taxonómica.....	7
4.2. Descripción botánica <i>Lippia graveolens</i> Kunth .....	7
4.2.1. Tallo.....	7
4.2.2. Hojas .....	8
4.2.3. Inflorescencias.....	8
4.2.4. Flores .....	8
4.2.5. Frutos .....	9



4.2.6. Semillas.....	9
4.2.7. Importancia de las semillas .....	9
<b>4.3. Anatomía de la semilla .....</b>	<b>9</b>
<b>4.4. Sustancias almacenadas en la semilla .....</b>	<b>10</b>
<b>4.5. Fisiología de la Germinación .....</b>	<b>11</b>
4.5.1. Latencia.....	13
4.5.2. Tolerancia de las semillas .....	13
<b>4.6. Tamaño y peso de la semilla.....</b>	<b>14</b>
4.6.1. Texturas de la semilla.....	14
4.6.2. Cubiertas de la semilla .....	15
<b>4.7. Calidad física y fisiológica .....</b>	<b>15</b>
4.7.1. Calidad física.....	15
4.7.2. Calidad fisiológica.....	16
<b>4.8. Promotores de la germinación .....</b>	<b>17</b>
<b>4.9. Promotores de crecimiento vegetal .....</b>	<b>20</b>
<b>4.10. Micorrizas .....</b>	<b>22</b>
<b>4.11. Micorriza arbuscular .....</b>	<b>23</b>
<b>4.12. Nutrición vegetal .....</b>	<b>23</b>
4.12.1. Macronutrientes.....	24

4.12.2. Micronutrientes.....	25
<b>4.13. Solución Steiner.....</b>	<b>26</b>
<b>4.14. Calidad de planta .....</b>	<b>29</b>
<b>4.15. Índices de calidad de planta .....</b>	<b>29</b>
4.15.1. Índice de esbeltez (IE).....	30
4.15.2. Índice de lignificación (IL) .....	30
4.15.3. Índice de calidad Dickson (ICD) .....	30
<b>4.16. Plantaciones forestales .....</b>	<b>31</b>
<b>4.17. Plantas aromáticas .....</b>	<b>32</b>
<b>4.18. Usos del orégano (<i>Lippia graveolens</i> Kunth).....</b>	<b>32</b>
<b>4.19. Distribución .....</b>	<b>34</b>
<b>4.20. Ubicación de Mapimí .....</b>	<b>35</b>
<b>4.21. Coordenadas de Mapimí.....</b>	<b>35</b>
<b>4.22. Clima .....</b>	<b>35</b>
<b>4.23. Orografía.....</b>	<b>36</b>
<b>4.24. Topografía .....</b>	<b>36</b>
<b>4.25. Hidrografía.....</b>	<b>36</b>
<b>4.26. Vegetación.....</b>	<b>37</b>
<b>4.27. Fauna .....</b>	<b>37</b>

4.28. Características y Uso del Suelo.....	38
<b>V. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>39</b>
5.1. Ubicación geográfica del sitio experimental .....	40
5.2. Material Vegetativo .....	40
5.3. Ensayo 1 Evaluación del tamaño de la semilla. ....	41
5.3.1. Beneficio de la semilla.....	41
5.3.2. Tamaño de la semilla .....	41
5.3.3. Análisis estadístico .....	42
<b>5.3. Ensayo 2 Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P, %), peso de 1000 semillas (PMS, g) y peso volumétrico ((PV, Kg HL<sup>-1</sup>)).....</b>	<b>43</b>
5.3.1. Pureza física (P, %). ....	43
5.3.2. Peso de 1000 semillas (PMS). ....	44
5.3.3. Peso volumétrico (PV, Kg HL <sup>-1</sup> ). ....	44
<b>5.4. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación).....</b>	<b>45</b>
5.4.1. Viabilidad.....	45
5.4.2. Análisis estadístico.....	46
5.4.3. Germinación. ....	46
5.4.4. Remojo de las semillas.....	47
5.4.5. Sustrato para la germinación de semillas.....	47

5.4.6.	Diseño experimental.....	47
5.4.7.	Modelo estadístico.....	48
5.4.8.	Análisis estadístico de Germinación.....	48
<b>5.5.</b>	<b>Ensayo 4. Crecimiento de plántulas de orégano a los 45 dde con fitohormonas e inoculación de micorrizas .....</b>	<b>49</b>
5.5.1.	Trasplante .....	50
5.5.2.	Análisis estadístico de Desarrollo Vegetativo .....	50
<b>5.6.</b>	<b>Ensayo 5. Efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner en etapa 1 de crecimiento vegetativo de orégano .....</b>	<b>51</b>
5.6.1.	Sustrato, Riego y fertilización para primer trasplante .....	51
5.6.2.	Preparación muestra peso fresco y seco .....	52
5.6.3.	Diseño experimental.....	53
5.6.4.	Modelo estadístico.....	54
5.6.5.	Variables evaluadas .....	54
5.6.6.	Análisis estadístico.....	55
<b>5.7.</b>	<b>Ensayo 6. Índice de calidad de planta de orégano (Lignificación, Dickson y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular). .....</b>	<b>56</b>
5.7.1.	Índice de lignificación (IL) .....	56
5.7.2.	Índice de calidad Dickson (ICD) .....	56
5.7.3.	Relación peso seco aéreo y peso seco radicular (R PSA/PSR).....	57
5.7.4.	Análisis estadístico .....	57

<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	59
<b>6.1. Ensayo 1. Evaluación del tamaño de la semilla</b> .....	59
6.1.1. Diámetro.....	59
6.1.2. Longitud.....	59
<b>6.2. Ensayo 2 Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P), peso de 1000 semillas (PMS) y peso volumétrico (PV))</b> .....	61
6.2.1. Pureza física (P, %).....	61
6.2.2. Peso de 1000 semillas (PMS) .....	63
6.2.3. Peso volumétrico (PV, Kg HL <sup>-1</sup> ).....	64
<b>6.3. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación)</b> .....	65
6.3.1. Viabilidad (V) .....	65
6.3.2. Días después de siembra (dds).....	69
6.3.3. Efecto de los tratamientos en la germinación.....	73
6.3.4. Germinación .....	75
<b>6.4. Ensayo 4. Crecimiento de plántulas de orégano a los 45 dds con fitohormonas e inoculación de micorrizas</b> .....	78
6.4.1. Longitud radicular (Lr) .....	80
6.4.2. Altura Foliar (Af) .....	82
6.4.3. Número de entrenudos (Ne).....	83
6.4.4. Número de hojas (Nh) .....	83

<b>6.5. Ensayo 5. Efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner en etapa 1 de crecimiento vegetativo de orégano.</b> .....	85
6.5.1. Altura Foliar (Af) .....	86
6.5.2. Número de entrenudos (Ne).....	89
6.5.3. Número de hojas (Nh) .....	89
6.5.4. Diámetro de cobertura (Dc).....	90
6.5.5. Longitud radicular (Lr) .....	91
6.5.6. Peso fresco y peso seco .....	93
6.5.7. Peso fresco de raíz (Pfr).....	95
6.5.8. Peso fresco de tallo (Pfta) .....	97
6.5.9. Peso fresco total (Pft).....	97
6.5.10. Peso seco de la raíz (Psr).....	99
6.5.11. Peso seco del tallo (Psta).....	100
6.5.12. Peso seco total (Pst).....	101
<b>6.6. Ensayo 6. Índice de calidad de planta de orégano (Lignificación (IL), Dickson (ICD) y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular (R PSR/PST))</b> .....	103
6.6.1. Índice de Lignificación (IL).....	104
6.6.2. Índice de calidad Dickson (ICD).....	106
6.6.3. Relación PSR/PST (peso seco de raíz/peso seco del tallo).....	107
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	110

<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>112</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>113</b>
<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>147</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de actividades realizadas.....	39
Figura 2 Ubicación del lugar de recolección de las semillas de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth) en ejido Mapimí, municipio Mapimí Durango. ....	41
Figura 3. Ensayo 1.- Evaluar el tamaño de la semilla. a) Beneficio de semillas con tamiz, b) Grupo de 100 semillas claras; c) Grupo de 100 semillas oscuras; d) Grupo de semillas medidas con el programa Fiji.app. ....	42
Figura 4. Ensayo 2: a); Prueba de Pureza de semilla (P, %); b) Prueba Peso de mil semillas (PMS) c) Prueba de Peso volumétrico (PV, Kg HL-1). ....	45
Figura 5. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación). a) Grupos de 100 semillas; b) Semillas con la solución de <i>triphenyltetrazolium chloride</i> en el horno a 35 °C por 12 hrs; c) solución <i>triphenyltetrazolium chloride</i> ; f) Semillas en remojo con los tratamientos. ....	49
Figura 6. Ensayo 4. Crecimiento de plántulas de orégano a los 45 dds con fitohormonas e inoculación de micorrizas; Trasplante de plántulas a charolas. ....	51
Figura 7. Ensayo 5.- Evaluar la fertilización con soluciones nutritivas en etapa 1 de crecimiento vegetativo. a) Elementos usados para formular la solución Steiner; b) Riego con atomizador con solución Steiner a 1L; c) Riego a las plantas con solución Steiner de 3L, d) Plantas de cada tratamiento; e) Temperatura de secado de las plantas en horno por 12 hrs; f) Plantas secas (tallos, hojas y raíz), g) Peso fresco de las plantas; h) Peso seco de las plantas. ....	53
Figura 8. a) Prueba de medias (LSD) para Diámetro de las semillas claras y oscuras y b) Prueba de medias (LSD) Longitud de las semillas claras y oscuras. ....	60
Figura 9. Tamaño de semilla. a) Semillas oscuras; b) Semillas claras. ....	61



Figura 10. Viabilidad de la semilla de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth) a) Viabiles; b) No viables .....	68
Figura 11 Viabilidad de semillas de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth)-por tipo de semilla. a) Semilla oscura: b) Semilla clara.....	69
Figura 14. Germinación de los 7 dds a 35 dds; a) A los 7 dds; b) A los 14 dds; c) A los 21 dds; d) A los 28 dds; e) A los 35 dds. ....	74
Figura 15. Prueba de Tukey para germinación a los 42 dds en semillas de <i>Lippia graveolens</i> Kunth. ....	77
Figura 16. Germinación a los 42 dds; a) T1 (250 ppm de Ácido Giberélico (AG <sub>3</sub> ); b) T2 (500 ppm Ácido Giberélico (AG <sub>3</sub> ); c) T3 (50% de micorriza ( <i>Glomus intraradices</i> ) (riqueza fúngica de 23 esporas g <sup>-1</sup> de suelo); d) T4 (100% de micorriza ( <i>Glomus intraradices</i> ) (riqueza fúngica de 46 esporas g <sup>-1</sup> de suelo); T5 testigo (Agua destilada). ....	78
Figura 17. Prueba de Tukey y LSD para crecimiento de plántulas a los 45 dde; a) longitud radicular (Lr); b) altura foliar (At); c) Número de entrenudos (Ne); d) Número de hojas (Nh).....	81
Figura 18. Crecimiento de plántulas a los 45 dds; a) T1 (250 ppm de Ácido Giberélico (AG <sub>3</sub> ); b) T2 (500 ppm Ácido Giberélico (AG <sub>3</sub> ); c) T3 (50 % de micorriza ( <i>Glomus intraradices</i> ) (riqueza fúngica de 23 esporas g <sup>-1</sup> de suelo); d) T4 (100 % de micorriza ( <i>Glomus intraradices</i> ) (riqueza fúngica de 46 esporas g <sup>-1</sup> de suelo); T5 testigo (Agua destilada). ....	85
Figura 19. Prueba de LSD para crecimiento vegetativo: a) Longitud radicular (Lr); b) Altura foliar (At); c) Diámetro de cobertura (Dc); d) Número de entrenudos (Ne); e) Número de hojas (Nh).....	88
Figura 20. Crecimiento vegetativo a los 168 ddt con solución nutritiva Steiner; a) T1 (25% de Solución Nutritiva Steiner); b) T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner); c) T3	

(75% de solución Nutritiva Steiner); d) T4 (100 % de Solución Nutritiva Steiner); e) T5 testigo (agua destilada)..... 93

Figura 21. Prueba de LSD para Peso fresco y Peso seco de plántulas de *Lippia graveolens* Kunth; a) Pft= Peso fresco total; b) Pfta= Peso fresco del tallo; c) Peso fresco de raíz; d) Psta= Peso seco de tallo; e) Psr: Peso seco de raíz; f) Pst= Peso seco total..... 96

Figura 22. Peso fresco de plántulas de orégano. a) T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner); b) T2 (50% de solución Nutritiva Steiner); c) T3 (75% de Solución Nutritiva Steiner); d) T4 (100% de Solución Nutritiva Steiner); e) testigo T5 (agua destilada). ..... 99

Figura 23. Peso seco de plántulas de orégano. a) T1 (25% de solución Nutritiva Steiner); b) T2 (50% de solución Nutritiva Steiner); c) T3 (75% de Solución Nutritiva Steiner); d) T4 (100% de Solución Nutritiva Steiner); e) testigo T5 (agua destilada). ..... 102

Figura 24. Prueba de Tukey para plántulas de *Lippia graveolens* Kunth. a) índice de calidad Dickson; b) Índice de Lignificación; c) Índice de relación peso seco de raíz y peso seco del tallo. .... 106

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estadística descriptiva de longitud y diámetro de las semillas claras y oscuras de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth).....	60
Cuadro 2. Pesos y porcentajes tomados para la prueba de Pureza física de semilla. .....	63
Cuadro 3. Estadística descriptiva del peso de mil semillas PMS (g) de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth). ....	64
Cuadro 4. Estadística descriptiva de Peso volumétrico (PV, kg hL-1). ....	65
Cuadro 5 Estadística descriptiva de Prueba de tetrazolio en semillas claras y oscuras .....	68
Cuadro 6. Análisis paramétrico de los días de emergencia (dde); prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación (CV) y coeficiente de determinación ( $R^2$ ).....	69
Cuadro 7 Estadística descriptiva de los días de emergencia (dde).....	71
Cuadro 8 Prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación y coeficiente de determinación para datos de crecimiento de plántulas. ....	79
Cuadro 9. Estadística descriptiva de crecimiento de plántulas .....	80
Cuadro 10. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación y coeficiente de determinación para datos de crecimiento vegetativo. ....	86
Cuadro 11. Estadística descriptiva del desarrollo vegetativo en plántulas de <i>Lippia graveolens</i> Kunth .....	87

Cuadro 12. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianza, independencia de errores, coeficiente de variación y coeficiente de determinación para peso fresco y peso seco.....	94
Cuadro 13. Estadística descriptiva para Peso fresco y Peso seco de las plántulas de <i>Lippia graveolens</i> Kunth.....	95
Cuadro 14. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación y coeficiente de determinación para datos de Índices de calidad de planta.....	103
Cuadro 15. Estadística descriptiva de los índices de calidad para <i>Lippia graveolens</i> Kunth.....	104
Cuadro 16. Ensayo 2. Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P), peso de 1000 semillas (PMS) y peso volumétrico (PV). ANOVA de peso de mil semillas.....	147
Cuadro 17. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación). ANOVA de Prueba de viabilidad en semillas de <i>Lippia graveolens</i> Kunth .....	147
Cuadro 18. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación).ANOVA de Días de emergencia (dde) y porcentaje de germinación en oregano ( <i>Lippia graveolens</i> Kunth) .....	147
Cuadro 19. ANOVA. Ensayo 4. Crecimiento vegetativo en plántulas de <i>Lippia graveolens</i> Kunth .....	147
Cuadro 20. Ensayo 5. ANOVA del Efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner en etapa 1 de crecimiento vegetativo de orégano. ....	147

## RESUMEN

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México se aprovecha el orégano, un recurso forestal no maderable de gran importancia social y comercial. Considerando la necesidad de promover la sustentabilidad del recurso con plantaciones o reforestaciones en las áreas de aprovechamiento y ante la necesidad de asegurar la obtención de plantas de buena calidad para su trasplante a campo, en el presente estudio se evaluó un lote de semilla de orégano del Mpio., de Mapimí Dgo. Para el tamaño de la semilla consideraron dos tipos de color en la testa evaluando su longitud y diámetro en milímetros (mm). En base a las reglas de International Seed Testing Association (ISTA) (ISTA, 2019) se evaluó la calidad física de la semilla: Pureza física (P, %), Peso de 1000 semillas (PMS, g) y Peso volumétrico (PV, Kg HL<sup>-1</sup>); para las pruebas de PMS y PV se consideraron diez y cuatro repeticiones respectivamente. La calidad fisiológica referente a la viabilidad se hizo con tetrazolio (*triphenyltetrazolium chloride*) al 0.5 % en dos tipos de color de testa considerando 50 semillas con 3 repeticiones. En la germinación se evaluaron los tratamientos; T1 (250 ppm de Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>); T2 (500 ppm de AG<sub>3</sub>); T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas g<sup>-1</sup> de suelo); T4 (100% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas g<sup>-1</sup> de suelo), más un testigo T5 (agua destilada); considerando 150 semillas con tres repeticiones por tratamiento. Las variables fueron: Días de Emergencia (dde) y Porcentaje de germinación (GE, %). A los 45 dde se hizo la evaluación del crecimiento de las plántulas, considerando 38 plántulas con tres repeticiones por tratamiento. Las variables: Altura foliar (At, mm), longitud radicular (Lr, mm), Número de entrenudos (Ne) y Número de hojas (Nh). Para determinar el efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner se evaluaron los tratamientos: T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner); T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner); T3 (75 % de solución

Nutritiva Steiner); T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner); más un testigo T5 (agua destilada). De cada tratamiento se establecieron 45 plántulas con tres repeticiones. A los 184 ddt (días después del trasplante) se determinaron las variables: Altura foliar (Af, cm), Longitud radicular (Lr, cm), Diámetro de cobertura (Dc, cm), Número de entrenudos (Ne), Número de hojas (Nh), Peso fresco del tallo (Pfta, g) y Peso fresco radicular (Pfr, g). De cada tratamiento se tomó una muestra de cinco plantas con tres repeticiones para determinar: Peso fresco total (Pft, g); peso seco del tallo (Psta, g), peso seco radicular (Psr, g) y peso seco total (Pst, g) para calcular la calidad de planta de orégano por tratamiento mediante los índices de: Lignificación (IL, %), Dickson (ICD, unidades de calidad) y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular (R PSR/PST). De cada evaluación se hizo un análisis de estadísticas descriptivas (min, max, media, mediana, DS, EE, IC y CV); un análisis paramétrico; normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (Bartlett), e independencia de errores (Durbin Watson), un ANOVA y comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ); y/o un transformación Box-Cox, al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis prueba de Kruskal-wallis y comparación de medias LSD, según el caso. Los datos se analizaron en el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020).

En longitud de semilla el análisis no paramétrico registró diferencias significativas ( $p \text{ chisq}=0.0001144201$ ) y en la comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que las claras fueron más largas (2.1679 mm) que las oscuras (1.9289 mm). En diámetro la prueba de Kruskal-wallis ( $p.\text{chisq} = 0.001207$ ) resultó significativa y en la comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que las semillas oscuras tienen mayor diámetro (0.9628 mm) que las claras (0.9130 mm).

En calidad física de la semilla, se registró una Pureza de 88.29 %, un PMS de 0.6040 g y PV de 128.667 Kg HL<sup>-1</sup>. En calidad fisiológica, los datos de viabilidad pasaron las pruebas de normalidad; de Shapiro-Wilk ( $p=0.6412$ ); homogeneidad de varianza ( $p=0.2407$ ) e independencia de errores de Durbin-Watson ( $p=0.8398$ ) y rechazó la hipótesis nula  $H_0$  porque las semillas oscuras registraron mayor viabilidad ( $V= 80.67$

%  $\pm$  13.61) con un CV de 16.87 %; que las claras (V= 24.67 %  $\pm$  5.03) con un CV de 20.40 %.

En la germinación, los días después de siembra (dds) se ajustaron a una distribución normal, el ANOVA registró diferencias significativas ( $p=0.005195$ ) a partir del 21 dde. A los 42 dde la germinación de orégano va de 48.7 % hasta 84 %. En orégano el 50 % de germinación se puede alcanzar a los 14 dde si se utiliza algún tratamiento pregerminativo; de no ser así la germinación es menor a 46.7 %. El análisis de los tratamientos pregerminativos en la germinación se analizaron acorde a un análisis paramétrico (Shapiro-wilk), ( $p= 0.9581$ ); prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) ( $p= 0.099$ ) y prueba de independencia de errores (Durbin-Watson) ( $p= 0.8256$ ) por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . El ANOVA registró diferencias significativas ( $p= 0.000110$ ) y en la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), se obtuvo que el T1 (250 ppm de  $AG_3$ ) registró la mayor germinación 84 % superando al T5 (testigo) en 35.3 %. Al comparar los tratamientos donde se aplicó la inoculación de micorriza se determinó que el tratamiento T3 (riqueza fúngica de 23 esporas  $g^{-1}$  de suelo) fue más efectivo con una germinación del 64.4 %.

En la evaluación del crecimiento de las plántulas a los 45 dds se determinó que la variable Lr se ajustó a las pruebas de normalidad de Shapiro-wilk, ( $p= 0.7016$ ); prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) ( $p= 0.3346$ ); prueba de independencia de errores (Durbin-Watson) ( $p=0.5765$ ); con las variables Af, Nh y Ne se realizó un análisis no paramétrico con la transformación Box-Cox, al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) y una comparación de medias LSD. El T1 (250 ppm de  $AG_3$ ) influyó principalmente en el crecimiento en altura con una Af de 3.03 cm; mientras que el Ne de 3.28, Nh de 6.56 y Lr 2.05 fue menor al obtenido con T4 (100% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo) con un Ne de 3.67, Nh de 7.40 y Lr 2.52. En la evaluación de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento vegetativo de orégano a los 184 ddt se determinó que las variables de Af, Ne y Nh, se ajustaron a un análisis paramétrico y rechazó la hipótesis nula  $H_0$ . En Af el ANOVA registró

diferencias altamente significativas ( $p= 6.78e^{-07}$ ) y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) se determinó que el T1 (25% de solución Nutritiva Steiner), superó a los demás tratamientos con una Af de 11.81 cm, este tratamiento solo tuvo efecto en esta variable. Con Ne ( $p= 1.54e^{-06}$ ) y Nh ( $p= 1.35e^{-05}$ ) se registraron diferencias altamente significativas) y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) se determinó que el T4 (100% de solución Nutritiva Steiner), superó al resto de los tratamientos evaluados en Ne de 8.90 y Nh de 17.14, valor que casi duplica al testigo T5 (agua destilada). Con este mismo tratamiento se obtuvo un mayor Pft ( $p= 2.99e^{-11}$ ) de 0.187 g y Psta (0.000128) de 0.0370 g. Sin embargo, con el T3 (75% de solución Nutritiva Steiner) se obtuvo el mayor Pfta ( $p= 1.35e^{-08}$ ) de 0.0380 g y Psr ( $p= 0.000243$ ) de 0.014 g. En Dc análisis de Kruskal-Wallis registró diferencias altamente significativas ( $p= 0.000141$ ) donde los tratamientos T4 y T3 fueron estadísticamente iguales con un Dc de 5.73 cm y 5.13 cm respectivamente. Este mismo análisis se hizo con Lr ( $p= 4.31e^{-05}$ ) y determinó en la prueba medias LSD ( $\alpha= 0.05$ ) que al aumentar la concentración de la solución Steiner (T4), se incrementa su Lr hasta 12 cm; así mismo el Pfr ( $p.chisq= 0.0095515$ ) de 0.150 g. En calidad de planta los índices de lignificación (IL) y calidad Dickson (ICD) se ajustaron a la prueba de normalidad y con la R PSR/PST se utilizó la transformación Box-Cox, de este análisis se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) donde las plantas de orégano tienen la misma calidad de planta (IL, ICD y R PSR/PST), independientemente de los tratamientos nutritivos evaluados. Con el IL el ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 1.06e^{-05}$ ) y en prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que el tratamiento T3 (75% de solución Nutritiva Steiner) registró un IL de 33.3 % valor que indica el contenido de lignina en las plantas de orégano, al aumentar o bajar esta dosis el IL disminuye. Este tratamiento registró una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) de 13.4 %, efecto a considerar cuando se seleccione un esquema de producción planta. En el ICD el ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 0.001263$ ), y en prueba de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) el T3 (75% de solución Nutritiva Steiner), registró un alto ICD con 0.00316 unidades de calidad, mostrando que la fracción de la parte aérea y radicular estuvo equilibrada, superando al testigo T5 (agua destilada) con una diferencia de 0.00178



unidades. Este índice es indicador de la masa y robustez de la planta y al representar un equilibrio entre la parte foliar y radicular se esperaría que las plantas mejoren su economía hídrica y la supervivencia durante su establecimiento en campo.

En la relación PSR/PST, el ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p=0.001263$ ) y en prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que los tratamientos T1 (25% de solución Nutritiva Steiner) y T3 (75% de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales con una relación PSR/PST de 0.2387 g y 0.2162 g respectivamente. En conclusión, la tecnología de semillas, mejora la selección y manejo de la semilla, siendo un factor importante para la propagación de orégano. La aplicación de promotores de germinación hace eficiente el germoplasma, promueve la emergencia de las plántulas y mejora el proceso de producción de planta. El uso de solución nutritiva durante el proceso de crecimiento de las plantas, influye en la acumulación de peso fresco y seco donde el efecto de la biomasa foliar y radicular, así como los atributos dendrométricos influyen en los índices de calidad de planta. Los índices IL, ICD y relación PSR/PST mostraron que el T3 (75% de solución Nutritiva Steiner) puede aplicarse en la producción de planta de orégano, porque permite la suficiencia nutrimental en las plantas y genera un equilibrio entre la parte foliar y radicular, ambas características favorables tanto en la producción de planta en contenedor como para su trasplante a campo, donde se pretende asegurar su establecimiento y sobrevivencia.

Palabras clave: Calidad física y fisiológica, Fertilización, Índice de calidad de planta, Micorrizas, Solución Steiner, *Verbenacea*.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las plantas mexicanas pertenecientes a la familia *Verbenaceae* de importancia social y económica es el Orégano mexicano (*Lippia graveolens* Kunth). Esta planta es un recurso forestal no maderable de las zonas áridas y semiáridas del norte de México que se aprovecha para la obtención de hoja seca y extracción de aceites esenciales. La producción anual de hoja seca de orégano es de 6,500 toneladas al año (Castillo *et al.*, 2017; León *et al.*, 2020), donde el 80 % de la producción se exporta a Estados Unidos, el 7% a Francia, 3% va a Italia, España y Japón; mientras que el 10% restante se destina al mercado nacional. En el noreste del país, esta planta aromática se aprovecha en Coahuila, Zacatecas y Durango (Granados-Sánchez, 2013). En el Mpio de Mapimi Dgo., se obtiene una producción anual de 1,950 toneladas de hoja seca.

Por su sabor fuerte, amargo, picoso y mentolado tiene diferentes usos: alimenticio, medicinal, cosmético entre otros (Pascual *et al.*, 2001; González-Trujano *et al.*, 2017, SEMARNAT 2015). En el mercado nacional la demanda de hoja seca se ha incrementado, actualmente no solo se utiliza en la industria de alimentos frescos y procesados; su demanda ha crecido en la industria de productos para uso agrícola, dado que su aceite esencial es un componente de productos orgánicos para el control antiviral, bactericida, antifúngico y repelente en plantas cultivadas.

Ante la irregularidad en los volumenes de producción en condiciones naturales y la creciente demanda de hoja seca de orégano, se requiere generar una tecnología de propagación que incluya la tecnología de semillas, tratamientos pregerminativos, el aspecto nutrimental y la calidad de planta para que en conjunto se asegure el establecimiento de las plantas en campo cuando se realicen plantaciones comerciales.

El determinar el tamaño de la semilla es un factor importante, ya que dependiendo de su tamaño dependerá el tiempo requerido para la germinación de las plántulas (Galetti *et al.*, 2013).

De acuerdo con reglas de International Seed Testing Association (ISTA) (ISTA, 2019), las pruebas de calidad física se utilizan para conocer la pureza de semilla, el peso de 1000 semillas, peso volumétrico y contenido de humedad. Cada uno de estos atributos permiten determinar la calidad del lote de semilla, conocer la cantidad de semilla por unidad de peso (kg) y son un indicador del vigor de las plántulas, lo que permite posteriormente determinar la cantidad de semilla que puede requerirse en la producción de planta y programar la cantidad de material requerido para su cultivo (ISTA, 2019; Mendoza-Pedroza *et al.*, 2023).

La calidad fisiológica determina la viabilidad, capacidad germinativa y vigor (Costa *et al.*, 2021). La prueba de viabilidad con tetrazolio, permite conocer si la semilla presenta tejidos vivos con poder germinativo y mediante la tinción se puede conocer la cantidad de semillas viables y no viables; la tinción y su intensidad de coloración son un indicador de la capacidad germinativa como lo refieren Paiva *et al.*, (2017); Salazar y Botello, (2018); Salazar, *et al.*, (2018a); Salazar *et al.*, (2020b).

La prueba de germinación permite conocer el potencial de germinación máximo de un lote de semillas (ISTA, 2005). El uso de promotores de germinación se ha utilizado en *Lippia palmeri* W (Méndez-Mayboca *et al.*, 2021), *Capsicum annuum* L. var. *Cacique Gigante* (Marquina *et al.*, 2018) y *Ocimum* spp. (Durán Gaviria *et al.*, 2016). El ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) es una fitohormona que influye como promotor de la germinación rompiendo la latencia y promoviendo el crecimiento de las plántulas (Chao *et al.*, 2007; Sun y gubler, 2004). En plantas aromáticas como *Lippia alba* (Linde *et al.*, 2016) y *Lippia palmeri* (Borboa-Flores *et al.*, 2016) se ha utilizado como un regulador del crecimiento y desarrollo de las plantas (Richards *et al.*, 2001).

Los inoculantes microbianos representan una nueva tecnología que pretende mejorar la productividad del sistema agropecuario y forestal, se considera una tecnología limpia, alineada con principios de sustentabilidad. El uso de la micorriza arbuscular *Glomus fasciculatum* (Santana *et al.*, 2003) *Glomus geosporum* (Abud *et al.*, 2008) y *Glomus intrarradices* (Ballina-Gomez *et al.*, 2017) se han usado como biofertilizantes y en la germinación del zacate (*Pennisetum glaucum*) Br. (López-

Ortega *et al.*, (2018) y albahaca (*Ocimum basilicum* (Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2016), porque reducen la resistencia mecánica de la testa (Reyes Tena *et al.*, 2016). Esta asociación simbiótica permite aumentar la capacidad de captura de agua, solubilización de fosfatos del suelo haciéndolos disponibles para las plantas (Mena *et al.*, 2013) y absorción de nutrientes de la raíz (Sawers *et al.*, 2017), lo que influye en el crecimiento de las plantas (Lattuada *et al.*, 2019), en la tolerancia del estrés hídrico (Turk *et al.*, 2006; Smith y Read, 2010; Mohammadi *et al.*, 2011; Navarro y De Dios, 2012) que en conjunto tienen un beneficio en la producción agrícola (SADER, 2020).

Los estudios sobre nutrición vegetal se enfocan en investigar las funciones y la dinámica de elementos minerales en las plantas, suelo y ecosistemas. Entre las sustancias promotoras del crecimiento vegetal (SPCV) se encuentra la solución nutritiva Steiner, donde el uso balanceado de los nutrientes permite un adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta compuesto por macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y micronutrientes (cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, hierro, manganeso, zinc y molibdeno) (SADER-INIFAP, 2022). Esta solución se ha utilizado en plantas aromáticas en epazote (*Chenopodium ambrosioides* L) (Aguilar-Carpio *et al.*, 2021; Vázquez-Vásquez *et al.*, (2015) y en tomillo (*Thymus vulgaris* L. (Guerrero-Lagunes, 2011).

Los estudios sobre calidad de planta consideran las características morfológicas y fisiológicas deben tener las plantas para que puedan adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se van a establecer (Rodríguez, 2008). La calidad de planta se calcula a través de índices como; el Índice de lignina (IL) que se basa en el peso seco total y peso fresco total e indica el porcentaje de lignina presente en la planta (Prieto *et al.*, 2009; Tinoco, 2014) factor que le confiere a la planta rigidez y soporte del tallo, lo que facilita su establecimiento en campo. El contenido de lignina protege a la planta del estrés hídrico cuando esta es llevada a campo, donde ocurre una disminución en el suministro de agua y la planta reduce su crecimiento, por lo que la planta inicia un mecanismo para resistir la sequía o a

baja temperatura, cosa que le otorga la lignina (Renault *et al.*, 2019). El IL se ha calculado en *Pinus engelmannii* Carr. (Ávila-Flores *et al.*, 2014) y *Pinus cembroides* Zucc. (Gutiérrez-García *et al.*, (2015). El índice de calidad de Dickson (ICD) combina parámetros morfológicos de longitud y peso, se basa en el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descarta ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor. El ICD se expresa en unidades de calidad y se ha calculado en *Quercus canby* Trel. (Villalón-Mendoza, 2016) y *Capsicum chinense* Jacq. (Guzmán-Antonio *et al.*, (2012). El índice de Relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular (R PSA/PSR) es importante porque refleja el desarrollo de la planta en vivero y es un indicador de la supervivencia de las plantas en campo. Se basa en variables morfológicas: altura, diámetro basal del tallo, tamaño, forma y volumen del sistema radical, relación altura/diámetro del collar, relación tallo/raíz, presencia de yema terminal y micorrizas, color del follaje, sanidad; peso seco de los tallos, follaje y raíz; variables fisiológicas; resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009). El índice R PSA/PSR se ha calculado en *Prosopis alba* Griseb (Senilliani *et al.*, 2022) y en *Swietenia macrophylla* (Segovia *et al.*, 2019).

Con el propósito de promover la sustentabilidad del recurso con plantaciones o reforestaciones en las áreas de aprovechamiento y ante la necesidad de asegurar la obtención de plantas de buena calidad para su trasplante a campo, en el presente estudio se enfocó a evaluar el tamaño de la semilla, la calidad física y fisiológica de la semilla, promotores de germinación, el efecto de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento de las plántulas y la determinación de la calidad de planta de orégano mediante los índices de: Lignificación (IL, %), Dickson (ICD) y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular (R PSA/PSR).

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

Determinar el estándar de calidad de la semilla, evaluar la germinación, fertilización de plántulas y establecer el índice de calidad de planta del orégano (*Lippia graveolens* Kunth) para definir una técnica de propagación y producción de planta.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el tamaño de la semilla.
2. Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P %), peso de 1000 semillas (PMS, g) y peso volumétrico (PV, Kg HL<sup>-1</sup>)).
3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación).
4. Evaluar fitohormonas y la inoculación de micorrizas en el crecimiento de plántulas de orégano.
5. Evaluar la fertilización con soluciones nutritivas en etapa 1 de crecimiento vegetativo.
6. Establecer la calidad de planta de orégano con en índice de Lignificación (IL, %), índice de calidad de Dickson (ICD) y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular (R PSR/PST).

### **III. HIPÓTESIS**

1. La implementación de la calidad física y fisiológica mejoran el vigor, rendimiento de las semillas y producción de plantas.
2. Existen tratamientos que promueven la germinación de orégano.
3. La concentración de fertilización Steiner influye en el crecimiento foliar y radicular de la planta.
4. Las pruebas de calidad de planta permiten determinar los atributos morfológicos de las plantas de orégano.

## IV. REVISION DE LITERATURA

### 4.1. Clasificación taxonómica

**Clase:** Equisetopsida C. Agardh

**Orden:** Lamiales Bromhead

**Familia:** Verbenaceae J. St.-Hil.

**Género:** *Lippia* L.

**Especie:** *Lippia graveolens* K.

(Kunth KS, 1818)

### 4.2. Descripción botánica *Lippia graveolens* Kunth

Es una planta de tipo arbustivo caducifolia, aromática con brotes anuales, una altura de 0.5 hasta 1.50 m con un diámetro foliar de hasta 1.2 cm (Villavicencio y Cano, 2012; León *et al.*, 2020); de acuerdo a Niklas, (1995) el tamaño va a depender de su adaptación a las condiciones ambientales.

#### 4.2.1. Tallo

De acuerdo con León *et al.*, (2020) y Galvan *et al.*, (2023) sus tallos son ramificados (a menudo de color rojizo) de forma cuadrangular o subcilíndrico, no acanalados, densamente estrigoso-vilosos y glandulares con ramas cortamente pilosa



#### 4.2.2. Hojas

Producen una gran cantidad de hojas de 1 a 3 cm de largo y 0.5 a 1.5 cm de ancho, son opuestas, de forma oblongas, ovalada, con peciolo delgado. Con bordes enteros o ligeramente dentados con el haz denso y suavemente piloso, margen finamente crenado, ápice generalmente obtuso o redondeado, base redondeada a subcordada de textura rugosa y con pequeñas vellosidades (León *et al.*, 2020). Envés densamente piloso, ápice obtuso y margen crenado (Quintero *et al.*, 1991 y Granados *et al.*, 2013).

#### 4.2.3. Inflorescencias

De acuerdo a Quiroz Velásquez *et al.*, (2017), están en toda la rama, cilíndricas con espigas contraídas en forma globulosa, se desarrollan a partir de los puntos axilares de las hojas, de los cuales suelen salir grupos de inflorescencias por cada axila.

#### 4.2.4. Flores

Flores pequeñas de color amarillo a blanco, zigomorfas con cáliz hasta 2.0 mm largo y 6.0 mm ancho, con cuatro estambres, insertos en dos niveles, arriba de la mitad del tubo; ovario supero ancho, bilobulado, donde se encuentran los óvulos, posteriormente, toma forma tubular hasta que se ensancha para alojar los estambres; estilo no inflado, estigma capitado, lateral (León *et al.*, 2020).

El gineceo es una estructura libre, central, que en etapa temprana se ensancha en la punta. Cuando está maduro, la estructura es delgada y muestra una punta cubierta de proyecciones terminadas en punta, que es donde se adhieren los granos de polen (Quiroz Velásquez *et al.*, 2017). De acuerdo a Corella y Ortega (2013) la floración se da en el periodo de Septiembre a Octubre.

#### 4.2.5. Frutos

Son cápsulas de forma ovoide, color café, donde se encuentran las semillas, con tamaño menor a medio milímetro y dehiscente (León *et al.*, 2020). De acuerdo a Corella y Ortega (2013), entran en floración en el periodo de septiembre a octubre.

#### 4.2.6. Semillas

Son color café, de forma ovoide y de tamaño menor a 0.5 milímetros (León *et al.*, 2020). Germinan en un periodo de 8 a 15 días dependiendo de las condiciones. (Villavicencio y Cano, 2012). El periodo de latencia va de diciembre a febrero cuando es cultivado, pero cuando es silvestre el periodo es de junio a julio (Corella y Ortega, 2013). Se ha estimado que en un kilogramo existen alrededor de 2'100,000 semillas.

#### 4.2.7. Importancia de las semillas

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos periodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Paredes, 2007). Ésta se desarrolla por la fecundación de un óvulo permitiéndole así sobrevivencia, dispersión y colonización de hábitat.

### 4.3. Anatomía de la semilla

- Embrión: resultado de la fecundación del óvulo.

- Endospermo: acumula todos los nutrientes para el embrión.
- Endospermo secundario: Es un tejido nutritivo que se encuentra a un lado o rodeando completamente al embrión.
- Tegumento: protege al embrión y a las sustancias que permanecen en reserva.
- Radícula: parte del embrión que emerge primero.
- Plúmula: es la yema, que da lugar a las primeras hojas.
- Hipocótilo: el espacio comprendido entre la plúmula y la radícula que dará origen al tallo de la plántula.

(Bewley *et al.*, 2013; Fernández, 2023).

#### **4.4. Sustancias almacenadas en la semilla**

- Proteínas: se encuentran en una capa llamada aleurona en los cereales, o como gluten, que determina las posibilidades de panificación de las distintas harinas: capacidad de hacer masas consistentes y plásticas.
- Grasas y aceites: generalmente los lípidos que se acumulan en los cotiledones como en las nueces y el girasol, que son semillas oleaginosas.
- Hemicelulosas: se acumulan en las paredes celulares, que se vuelven extremadamente gruesas, duras y pesadas.

- Almidón: Las semillas con alto contenido en almidón tienen endospermo farináceo, como las de especies de la familia Poaceae (Paucar, 2013).

Las reservas energéticas de la semilla son: grasas, carbohidratos y a veces proteínas, que sostendrán a la futura planta durante sus primeras etapas de vida.

Las semillas estarán formadas por tres estructuras: un embrión, una cubierta seminal (que deriva de los tegumentos del óvulo) y una reserva alimenticia esto hace que la composición genética sea compleja: el embrión (1:1 masc.: fem.), endosperma (1:2 masc.: fem.) y los tejidos maternos (0:2 masc: fem). Este balance entre genotipos de los diferentes tejidos debe establecerse para el normal desarrollo de la semilla (Courtis, 2013).

#### **4.5. Fisiología de la Germinación**

La germinación de semillas es un proceso en el cual se generan cambios morfológicos y fisiológicos que terminan en el crecimiento del embrión (Miransari y Smith, 2014; Rosental *et al.*, 2014). Este proceso comienza con la toma de agua por la semilla en un proceso llamado imbibición y termina cuando la raíz empieza a salir.

La germinación requiere de condiciones específicas de temperatura, niveles de oxígeno y luz, con las proporciones adecuadas para cada especie (Corbineau *et al.*, 2014).

Los factores ambientales, como la temperatura, agua, oxígeno y luz, influyen directamente en la germinación de las semillas. La temperatura influye con las enzimas que regulan la velocidad las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla tras su rehidratación. La emergencia de una plántula depende entonces de las características fisiológicas y bioquímicas de las semillas, de su reacción a las condiciones externas a ella, y de la eficiencia al usar sus reservas durante la germinación (Peña-Valdivia *et al.*, 2013; Rajjou *et al.*, 2012).

El vigor es la sumatoria de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y la respuesta durante la germinación y emergencia de la plántula (Navarro *et al.* 2015).

Fases:

- Absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y ruptura final de la testa.
- Inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión.
- Crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula.  
(Koornneef *et al.*, 2002).

Clasificación en función de su tolerancia a la desecación:

Semillas ortodoxas: son tolerantes a la desecación, se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo porcentaje de humedad

Ejemplos:

- *Coriandrum sativum* (Cilantro) (Royal Botanical Garden Kew, 2021).
- *Plantago major* (Ilantén) (Blom, 1978).
- *Eryngium foetidum* (Cilantro cimarrón) (Shavandi *et al.*, 2014).

Semillas recalcitrantes: son sensibles a la desecación, se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad (Camacho, 1994).

#### 4.5.1. Latencia

Es denominada como interna o endógena, puede generarse por la semipermeabilidad de la cubierta de la semilla, conocida como imbibición tegumentaria, y participan en su regulación el ácido abscísico y las giberelinas. La latencia morfológica o embrionaria, en ocasiones se supera con exposición a enfriamiento en húmedo, donde las semillas pueden germinar en un rango más estrecho de condiciones ambientales; sin embargo, al eliminarse permite la germinación en un rango más amplio de condiciones (Herrera *et al.*, 2006; Hartmann *et al.*, 2014).

Causas:

Causas de la latencia: Inmadurez del embrión, restricciones mecánicas para el desarrollo del embrión, impermeabilidad de las cubiertas seminales al agua y oxígeno, presencia de sustancias inhibitoras en diferentes tejidos de la semilla, requerimientos especiales de luz y temperatura (Prisco *et al.*, 1992).

#### 4.5.2. Tolerancia de las semillas

- Semillas ortodoxas: son aquellas que adquieren tolerancia a la deshidratación durante su desarrollo y pueden almacenarse en estado seco, por períodos predecibles y bajo condiciones específicas, manteniendo un alto vigor y viabilidad, estas semillas pasan por un período de secado durante su maduración y se desprenden a un bajo contenido de humedad. Mientras las semillas recalcitrantes son aquéllas que pasan por un corto o ningún secado de maduración, y permanecen sensibles a la deshidratación, tanto en su desarrollo como después de su desprendimiento (Berjak y Pammenter, 2010).

- Semillas recalcitrantes: son aquéllas que pasan por un corto o ningún secado de maduración, y permanecen sensibles a la deshidratación, tanto en su desarrollo como después de su desprendimiento (Berjak y Pammenter, 2010).

#### **4.6. Tamaño y peso de la semilla**

La variación del tamaño de la semilla es un rasgo crítico que determina el tamaño temprano de las plántulas y aumenta las probabilidades de establecimiento bajo condiciones críticas (Galetti *et al.*, 2013). Según Moreno (1996), el peso promedio de las semillas de los árboles es de 328 mg, el de los arbustos de 69 mg y el de las hierbas de 7 mg. Como puede apreciarse, hay una relación entre las formas de crecimiento (el tamaño y la forma de la especie) y el peso de la semilla. Mismo en el que aclara que solo son promedios. Las plantas con semillas grandes pertenecen a familias de plantas que habitan los trópicos y subtrópicos, principalmente en selvas y zonas pantanosas. Las semillas más pequeñas que se conocen pertenecen a un grupo especial de plantas que se caracteriza por obtener su alimento en formas particulares: son saprófitas o parásitas.

##### **4.6.1. Texturas de la semilla**

- Lisa: No presenta ningún tipo de aspereza, es suave, las manos se pueden desplazar a lo largo de la semilla sin ningún tipo de complicación.
  - Áspera: La superficie presenta irregularidades puede llegar a raspar la mano al momento de pasarla por la estructura.
  - Rugosa: Presenta arrugas en la superficie.
  - Pubescente: La superficie de la semilla tiene tricomas.
- (Sma, 2020)

#### 4.6.2. Cubiertas de la semilla

- Semillas desnudas: carecen de cubierta y su embrión está expuesto. Ejemplos de este tipo de semilla incluyen las gimnospermas como los pinos y abetos.
- Semillas con cubierta: su embrión está protegido por una capa externa, como en el caso de las angiospermas (plantas con flores). Ejemplos: manzana, girasol, trigo.  
(Fernández 2023).

### 4.7. Calidad física y fisiológica

#### 4.7.1. Calidad física

Se asocia con la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla. Estos contaminantes pueden ser materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, semillas de otros cultivos, insectos, quistes de nematodos, etc., (Garay, 1991), se puede evaluar considerando criterios como contenido de humedad, pureza física, daño mecánico, apariencia, peso de mil semillas y peso volumétrico, entre otros (Tillmann *et al.*, 2003), mediante la cantidad de semilla pura, peso de mil semillas (P1000S) y peso volumétrico (ISTA, 2018).

- Peso de mil semillas (PMS): es una medida que cuantifica el peso total de mil unidades de semillas de un cultivo específico. Esta métrica proporciona información esencial sobre el tamaño y la calidad de las semillas, influyendo directamente en el rendimiento de los cultivos (BiotestLab, 2024). La muestra de semillas debe ser pura, esto es, no debe contener ningún tipo de impurezas (malezas, semillas de otras especies, estructuras seminales separadas, partículas de otras hojas u otros materiales) (SNICS, 2018).
- Peso volumétrico: está directamente influenciado por el tamaño y la forma de las semillas (Fontana *et al.*, 2015).



- Pureza física: Consiste en separar la semilla pura de cualquier otra impureza contenida en la muestra (malezas, semillas de otras especies, estructuras seminales separadas, partículas de otras hojas u otros materiales) (SNICS, 2018).

#### 4.7.2. Calidad fisiológica

Es definida según su capacidad de germinación, vigor, viabilidad y longevidad, parámetros que influyen en el desempeño de la semilla en condiciones de campo y almacenamiento (Costa *et al.*, 2021).

- Prueba de viabilidad: Consiste en hidratar la semilla para generar su actividad fisiológica (respiración). La función del tetrazolio permitirá que las células vivas se tiñan de un tono rojizo, lo cual indicará la capacidad potencial de germinación. De manera que, las células muertas no serán teñidas (SNICS, 2018).
- Prueba de germinación: Tiene como finalidad determinar la viabilidad de un lote de semillas, la cual se determina a través del por ciento de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura (López *et al.*, 2016).

El uso de semillas de alta calidad física y fisiológica son un factor fundamental para el éxito de muchas empresas agrícolas y bancos de semillas que ayudan a la conservación del germoplasma esencial para la agricultura; además, contribuye al retorno económico deseado por los productores y al cumplimiento de las crecientes

demandas en la producción agropecuaria y agroindustrial (Whitehouse *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2021).

#### **4.8. Promotores de la germinación**

Las fitohormonas son usadas ampliamente en la agricultura para incrementar el crecimiento de la planta y el rendimiento mediante el incremento en el número de frutos, establecimiento del fruto y su tamaño. La productividad en la horticultura depende frecuentemente de la manipulación del cultivo por químicos y esta es regulada por fitohormonas en los procesos del desarrollo de la planta (Canli *et al.*, 2014; Carneiro Dos Santos, *et al.*, 2016; Kong Long *et al.*, 2016).

Existen 10 fitohormonas identificadas hasta el momento:

- **Auxinas:** participan en todos los procesos de desarrollo de la planta a nivel celular intervienen en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Se distribuye entre las células y los tejidos, acumulándose ya sea en una célula o en grupos de células, en otros casos cambia su distribución diferencial en los tejidos vegetales (Vanneste, 2009; Ljung K, 2013; Sauer M *et al.*, 2013) dependiendo de su metabolismo y del transporte direccional célula-célula. Una concentración de auxinas afecta a los diferentes morfogénicos, por lo que se le considera “morfógeno”. Los diferentes compuestos globalmente denominados auxinas, se caracterizan por su capacidad de provocar uno o varios fenómenos biológicos como son: inducir la elongación de tallos en bioensayos, promover la división celular en cultivos de callos en presencia de citocininas, y formar raíces adventicias en hojas y tallos cortados (Vanneste, 2009; Normanly J., 2010).

- Citocininas (AK): inhiben el crecimiento radical a través de su efecto sobre la división y diferenciación del ápice radical y en el periciclo de la raíz principal (De Smet, 2012). Las células fundadoras se desarrollan en raíces laterales primordiales y laterales, un proceso modulado por las citocininas, que reducen la formación de raíces laterales y aseguran un espaciado suficiente entre dos raíces laterales vecinas (Shivakumar, 2018). Si la producción de citocinina se reduce causaría que el desarrollo provocando una reducción del crecimiento del sistema radical impactando a las raíces más finas y afectaría el ritmo circadiano endógeno orquestado por auxinas y citocininas, lo que conlleva a cambios significativos en el comportamiento posterior de la planta (Di Benedetto *et al.*, 2015).
- Las giberelinas (GA): son fitohormonas que juegan funciones esenciales durante las etapas de desarrollo de la planta, que incluyen, germinación de la semilla, floración, crecimiento y rendimiento del fruto, abscisión, regulación de algunos procesos metabólicos, y han sido relacionadas a la tolerancia a temperatura o a condiciones de estrés (Kazemi, 2014; Guang-Long *et al.*, 2015; Honda *et al.*, 2016). Su importancia comercial ha aumentado en los últimos años, al igual que las técnicas de producción con las cuales se pretende un alza en la disponibilidad, distribución y aplicación en la agricultura (Camara *et al.*, 2020).
- Ácido abscísico (ABA): su impacto principal es en los mecanismos de respuesta frente a estreses bióticos y abióticos. Los cuales influyen directamente en la reducción del crecimiento y de la producción de cualquier cultivo (Vishwakarma *et al.*, 2017). Ayuda a controlar muchas características de desarrollo y crecimiento de las plantas, como la abscisión de las hojas, la inhibición de la maduración de los frutos, etc. Por esta razón se le conoce comúnmente como la "hormona del estrés" que responde a una variedad de estreses ambientales (Zhang, 2014).

- **Ácido salicílico (SA):** es un regulador de crecimiento de las plantas, se ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Hayat *et al.*, 2010; Rivas-San Vicente y Plasencia, 2011). Se encuentra en todos los tejidos vegetales (Martín *et al.*, 2015) son consideradas una alternativa para incrementar la producción de alimentos de importancia hortícola y cereales ya sea bajo condiciones de invernadero o a cielo abierto (Martín *et al.*, 2013).
- **Poliaminas (PAS):** son un grupo de metabolitos nitrogenados de bajo peso molecular presentes en todas las células vegetales (Childs *et al.*, 2003). En las plantas regulan su crecimiento, desarrollo y el estrés biótico y abiótico (Tiburcio *et al.*, 2014).
- **Ácido jasmónico (JA):** regulador del crecimiento vegetal por las respuestas a diversas situaciones de estrés y participan en diversos procesos del crecimiento y desarrollo con un papel bien documentado en la respuesta de la planta frente al estrés biótico (Lumba y Culter, 2010; Avanci *et al.*, 2010; Ting, 2014).
- **Brasinoesteroides (BR):** inducir tolerancia a las plantas ante estrés de temperaturas altas y de salinidad (Fariduddin, *et al.*, 2014; Tanveer, *et al.*, 2018), y promueven el crecimiento y el rendimiento en cultivos de grano (Ur Rehman *et al.*, 2013). han recibido menos atención como moduladores de resistencia (Santamaría *et al.*, 2013) y probablemente como mejoradores de la calidad nutritiva del grano.
- **Etileno:** es una hormona vegetal que se encuentra en estado gaseoso con actividad biológica a bajas concentraciones (Manh-Cuong *et al.*, 2021).

etileno afecta el crecimiento y diferenciación de las células, tejidos y órganos durante la micropropagación.

- Estrigolactonas (SLs): estimulan la germinación de plantas parásitas y estimula la simbiosis de los hongos micorrizicos (Mishra *et al.*, 2017). Tiene la capacidad de incrementar el desarrollo de raíces primarias y adventicias, pero que puede tener cierto tipo de funciones inhibitorias como la de reprimir la formación de raíces laterales (Hernández y Martínez, 2016). Pueden promover la simbiosis con micorrizas arbusculares gracias a la inducción de la ramificación hifal mediante del ajuste a las estructuras de las yemaciones para mejorar el desarrollo del sistema radicular (Kanwar *et al.*, 2017).

#### **4.9. Promotores de crecimiento vegetal**

La alternativa actual para optimizar los cultivos son los productos biológicos o biofertilizantes, su incorporación al sistema productivo influye en diversos procesos biológicos. Entre los elementos más valiosos en la producción de estos biofertilizantes están los microorganismos promotores de crecimiento vegetal, conocidos como PGPM (Plant Growth-Promoting Microorganism), aislados de ambientes diversos, con la habilidad potencial de afectar positivamente el crecimiento de las plantas (Terry *et al.*, 2005; Bashan *et al.*, 2013).

El suelo, es uno de los hábitats microbianos que presenta mayor biodiversidad. Se estima que alberga cerca de 10<sup>9</sup> y 10<sup>4</sup> microorganismos y especies diferentes por gramo de suelo, respectivamente. Estos microorganismos pueden interactuar en la rizosfera con las raíces de las plantas, de modo que los exudados radicales, ricos en compuestos orgánicos les aportan gran variedad de nutrientes para llevar a cabo sus actividades metabólicas (Rodríguez, 2013).

La multifuncionalidad de los microorganismos en los sistemas agrícolas, se expresa de acuerdo con una serie de factores bióticos, como la competencia con otros

microorganismos, la composición biológica del suelo, el reconocimiento planta-microorganismo y viceversa. Igualmente, factores abióticos, como la climatología, las características físicas y químicas del suelo, que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y la expresión de los efectos benéficos o perjudiciales, son determinantes en el desarrollo de las especies vegetales (Radjacommaré *et al.*, 2010).

La interacción de microorganismos rizosféricos, como los hongos formadores de micorrizas arbusculares (AMF), hongos del género *Trichoderma* Nonfried, 1894 y *Pseudomonas* Migula, 1894, usualmente catalogados como agentes de control biológico (BCA) y microorganismos promotores del crecimiento vegetal, dependen de este tipo de factores para expresar sus potenciales efectos benéficos; sin embargo, las interacciones entre los microorganismos son complejas y se pueden presentar efectos sinérgicos que potencialicen los beneficios para la planta o por el contrario, efectos antagónicos o, simplemente, que no ocurra ningún efecto (Cano, 2011).

Ciertos microorganismos, propios de la rizósfera, favorecen el desarrollo radicular, la fijación del N atmosférico, la solubilización del P del suelo y la producción de ácidos orgánicos y metabolitos secundarios que actúan análogamente a las fitohormonas, por lo que influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes y en la estimulación del crecimiento vegetal. Este es el caso de *Pseudomonas* spp., y *Trichoderma* spp. (Puente *et al.*, 2010; Cano, 2011).

Los biofertilizantes a base de esos esos microorganismos minimizan notablemente el impacto ambiental que producen los fertilizantes químicos y mejoran el rendimiento de los cultivos, por lo que pueden limitar el uso de los productos tóxicos (Hernández-Leal *et al.*, 2011; Patiño-Torres y Sanclemente-Reyes, 2014).

#### 4.10.Micorrizas

Las micorrizas (del griego myces, hongo y rhiza, raíz) representan la asociación entre algunos hongos y las raíces de las plantas que actúan como fertilizantes, mejorando la producción agrícola (SADER, 2020). Se han llegado a considerarse casi como una relación obligada para el crecimiento de poblaciones vegetales, tanto en condiciones naturales como en agrosistemas (León, 2006). El uso de fertilizantes dependiendo de la dosis, afecta a la diversidad microbiana, función en el ecosistema y la dinámica de especies presentes en el suelo (Zhen *et al.*, 2014).

Se clarifican en 2 grupos de micorrizas: endomicorrizas y ectomicorrizas (Smith y Read, 2010):

- Ectomicorrizas: El micelio invade la raíz sin entrar en el interior de las células; en este grupo se encuentran todos los hongos comestibles (Carrillo Sánchez, 2015).
- Ectendomicorrizas: este tipo presenta una colonización dual de los hongos con las raíces. Esto significa que forman un manto cortical tanto externo como interno en el córtex (Acosta, 2021).
- Endomicorrizas: El micelio invade la raíz e inicialmente es intercelular, pero luego penetra en el interior de las células radicales, desde la rizodermis hasta las células corticales. Puede ser de tres clases: *orquideoide*, *arbutoide* y arbuscular (Carrillo Sánchez, 2015).
  - Orquideomicorrizas: son las que están ligadas a la familia de las orquídeas. Estos suelen formar ovillos en las células de la raíz de la planta. (Acosta, 2021).
  - Ericomicorrizas: ligadas a la Familia Ericáceas, estas conforman una estructura compacta entre las células del hongo y las raíces (Acosta, 2021).

#### **4.11.Micorriza arbuscular**

Se ha documentado que la aplicación de biofertilizantes como los hongos *Glomus spp*, forman asociaciones simbióticas con las raíces de gramíneas y aumentan la capacidad de captura de agua y solubilizan los fosfatos del suelo haciéndolos disponibles para las plantas (Mena *et al.*, 2013), además aumentando la tolerancia a diferentes condiciones de estrés para las plantas y mejorando la calidad de los suelos. Se caracterizan por crear un entramado de arbusculos intracelulares por donde se realizará la transferencia de nutrientes (Acosta, 2021). A pesar de los beneficios, la planta tiene influencia en el crecimiento del hongo (Sawers *et al.*, 2017), el cual coloniza la raíz de la planta rodeándola con un micelio externo, así forma una conexión continua entre la solución del suelo y la planta, la cual recibe nutrición mineral, mientras que el hongo recibe compuestos carbonados necesarios para su metabolismo. Estas razones hacen que hoy en día las micorrizas arbusculares sean una herramienta muy importante en sistemas agroecológicos y que involucren biotecnología en los cultivos (Agüero-Fernández *et al.*, 2016).

#### **4.12.Nutrición vegetal**

La Nutrición Vegetal es la ciencia que se ocupa de investigar las funciones y la dinámica de elementos minerales en las plantas, los suelos y los ecosistemas. El papel principal de la nutrición de las plantas es, por supuesto, contribuir a la seguridad alimentaria de una población mundial con crecimiento acelerado. (Horst, 2017).

El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre se necesitan en cantidades relativamente grandes y se les denomina macronutrientes. El molibdeno, hierro, boro, zinc y cobre son nutrientes que se requieren en cantidades considerablemente menores se les llama micronutrientes (Rico, Pérez, 2013)



#### 4.12.1. Macronutrientes

Nitrógeno: función metabólica y estructural, hace parte de proteínas, moléculas de clorofila, ácidos nucleicos, que son fundamentales en procesos fisiológicos de absorción iónica, fotosíntesis, respiración y síntesis celular (Marschner, 2012). Cuando este llega a escasear las hojas se ponen más claras que la nervadura, se amarillean hasta caerse, tallos rojizos y se detiene el proceso de crecimiento. (Guerrero *et al.*, 2011).

Potasio (K): La deficiencia produce, a menudo, un crecimiento lento, disminución de tolerancia a la sequía, desarrollo de tallos débiles y una mayor susceptibilidad a enfermedades (Xu *et al.*, 2011).

Fósforo (P): Es uno de los principales macronutrientes esenciales requeridos por todos los organismos vivos, pero también es uno de los elementos menos disponibles de la rizosfera, participando en procesos estructurales, enzimáticos y energéticos de las plantas (Mixquitlita y Villegas, 2016). La adsorción del P por las plantas en los diferentes suelos puede ser afectada por el contenido de materia orgánica, el pH, el contenido de calcio, hierro trivalente y aluminio (Rosatto *et al.*, 2014). La deficiencia se presenta en la reducción en el crecimiento de la hoja, así como en el número de hojas (Dussan *et al.*, 2016).

Calcio (Ca): Es esencial en la planta a nivel radical, pues incide en el número y longitud de los pelos radicales, fundamentales en la absorción de nutrientes (Sanz *et al.*, 2001). La deficiencia incluye deformación de las hojas, reducción de tamaño, disminución en el número (Marschner, 2012).

Magnesio (Mg): es el segundo catión más abundante en las plantas, está involucrado en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos (fotosíntesis, activación enzimática y síntesis de ácidos nucleicos y proteínas). Su deficiencia no solo afecta la productividad y la calidad de los cultivos, sino que también se comporta como un elemento antagonico en el suelo del K y el Ca (Medina, 2016; Chen *et al.*, 2018).

Azufre (S): Las plantas tienen una necesidad muy baja por este nutriente a comparación de los demás, pero igual tiene importancia porque forma aminoácidos, proteínas y enzimas, además de jugar un papel importante en la defensa de las plantas contra plagas y enfermedades. La deficiencia se presenta con hojas amarillas, por los suelos pobres en Mo (Carciochi *et al.*, 2015).

#### 4.12.2. Micronutrientes

Hierro (Fe): Elemento absorbido principalmente por las raíces como ion ferroso (Fe<sup>2+</sup>), asume la función de catalizador de los procesos respiratorios y de la formación de la clorofila. Su disponibilidad depende de factores como temperatura, excesos de fósforo, aluminio y algunos metales pesados (Castellanos, 2013).

Manganeso (Mn): Está involucrado en la actividad de enzimas de la fotosíntesis, e interviene en la síntesis de clorofila. Los síntomas de deficiencia se manifiestan tanto en las hojas jóvenes como adultas, en forma de clorosis intervenal y una formación de manchas necróticas (Taiz y Zeiger, 2006; Castellanos, 2013).

Cobre (Cu): Es un elemento esencial en la nutrición mineral de las plantas, requerido en concentraciones trazas para completar su ciclo de vida. Cuando hay ausencia de cobre en el suelo puede limitar el crecimiento de las plantas, aun cuando los

demás nutrientes esenciales estén presentes en cantidades adecuadas, la deficiencia se presenta en clorosis, necrosis y muerte descendente (Taiz y Zeiger, 2010; Cobo *et al.*, 2013; Rodríguez, 2014).

Zinc (Zn): Desempeña un papel en las funciones en la estructura de la membrana, fotosíntesis, síntesis de proteína y defensa frente a sequias y enfermedades. Los síntomas de deficiencia son escasez de reguladores de crecimiento, áreas de color verde claro, hojas pequeñas y entrenudos cortos (Cakmak, 2014).

Boro (Bo): se encuentra en pequeñas cantidades, pero aun así ejercita un efecto estabilizante en los complejos del Ca, influye en los procesos fisiológicos del control hormonal. Su deficiencia se manifiesta causando un ensanchamiento de ápices y reduce la fecundación en semillas (Castellanos, 2013; Rodríguez, 2014).

Molibdeno (Mo): Es esencial para la síntesis de aminoácidos. Cuando hay carencia se presenta en una clorosis general internerval y posterior necrosis de las hojas más maduras. En algunas hortalizas, como coliflor o brócoli, las hojas pueden no presentar necrosis, pero aparecer curvadas y terminar muriendo (enfermedad conocida como cola de látigo). Se puede ver frenada la formación de la flor o provocar su pérdida prematura. El aporte de pequeñas cantidades de Mo en esos suelos mejora de manera notable el crecimiento de los cultivos (Beltrano y Giménez, 2015).

#### **4.13.Solución Steiner**

La solución Steiner es una solución nutritiva, donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas.

Una solución nutritiva verdadera debe cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Una relación mutua de aniones.
- 2) Una relación mutua de cationes.
- 3) Una concentración iónica.
- 4) Un pH con tolerancia de  $\pm 0.1$ .

De esta manera se desarrolla un método para preparar soluciones nutritivas. (Steiner, 1966).

La solución universal Steiner es un fertilizante, y se compone de macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, que son los elementos más demandados para el desarrollo de los cultivos, y de micronutrientes como: cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, hierro, manganeso, zinc y molibdeno, elementos que se requieren en menor proporción. (SADER-INIFAP, 2022) la concentración iónica asciende a  $30 \text{ mmol L}^{-1}$ , que en términos de potencial osmótico corresponde a  $-0.072 \text{ MPa}$  ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y el pH a  $6.5 \pm 0.1$ . Estos no son universales, la universalidad se refiere solamente a las relaciones mutuas entre aniones y cationes, dando diferentes formulaciones al variar la presión osmótica y el pH. La concentración iónica será distinta para diferentes cultivos y climas (Steiner, 1984).

---

meq L <sup>-1</sup>					
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> P <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
7	9	4	12	1	7

---

#### *Composición química de la solución universal de Steiner (1968)*

Steiner (1961) menciona que el balance entre estos iones no solo es cuestión de cantidad absoluta de cada uno de ellos, sino, además, en la relación cuantitativa que se establece entre los cationes por una parte y los aniones por la otra. Además, los nutrimentos que demanda la planta en la relación mutua entre aniones y entre cationes, depende de la etapa fenológica.

---

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	60 %
H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> P <sup>-1</sup>	5 %

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	35 %
Ca <sup>++</sup>	45 %
K <sup>+</sup>	35 %
Mg	20 %

*Relaciones de concentraciones (me/L) para aniones y cationes, (Steiner, 1980)*

Nutrimento	Steiner
N	168
P	31
K	273
Ca	180
Mg	48
S	336
Fe	2-4
Cu	0.02
Zn	0.11
Mn	0.62
B	0.44
Mo	-

*Intervalo de concentración de elementos minerales esenciales (Steiner, 1984).*

En epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), (Aguilar-Carpio *et al.*, 2022) se evaluó el efecto de tres concentraciones de la Solución universal Steiner (50 %, 75 % y 100 %) a los 39, 46, 53, 60, 67 y 74 dde y se determinó que la mejor dosis fue la 100 % para el crecimiento en altura (8.42 cm), materia fresca y seca (0.25 g) superando a las concentraciones de 50 % y 75 %.

En orégano (*Origanum vulgare* spp. Hirtum) (Juárez-Rosete *et al.*, 2018) con semilla de orégano (*Origanum vulgare* spp. Hirtum) al evaluar la solución Steiner (25%, 50%, 75% 100% y 125%) que la producción de materia seca las concentraciones de 50% y 75%, superaron al resto de llos tratamientos evaluados; sin embargo, la mayor concentracion de nitrógeno se obtuvo con la solución Steiner al 100 % y 125 %; la mayor cantidad de nitrógeno generó una baja concentración es aceites esenciales. Las concentraciones de 50% y 75% mostraron un intervalo óptimo. En conclusión, las mejores concentraciones fueron 50 y 75 % pero recomienda usar la

solución nutricional al 50% para ahorrar dinero porque los fertilizantes son caros como menciona en el artículo.

#### **4.14. Calidad de planta**

La calidad de planta se refiere a las características morfológicas y fisiológicas adecuadas de las plantas para sobrevivir y crecer satisfactoriamente bajo las condiciones ambientales y ecológicas del lugar donde serán plantadas (Reyes Reyes, 2022).

Sin embargo, se tiene que considerar su capacidad para desarrollarse, su origen genético y las fases de producción, desde la colecta de semilla y la germinación hasta su establecimiento en una plantación (Prieto y Sáenz, 2011).

Esta misma necesidad de obtener planta de calidad, conlleva a la necesidad de implementar estrategias tecnológicas como las plantaciones forestales comerciales o de restauración para la obtención de productos maderables, la protección y conservación de los recursos asociados al bosque (Sáenz *et al.*, 2010).

#### **4.15. Índices de calidad de planta**

Concepto que se define como la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen (Rodríguez, 2008), la cual obedece a las características genéticas del germoplasma y a las técnicas utilizadas para su reproducción. La clasificación de calidad de planta se realiza con base en variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluye la altura, el diámetro basal del tallo o del collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, así como la relación altura/diámetro del collar, la relación tallo/raíz, la presencia de yema terminal y micorrizas, el color del follaje y la sanidad, el peso seco de los tallos, el follaje y la raíz. En los atributos fisiológicos se consideran: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su

crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009).

#### 4.15.1. Índice de esbeltez (IE)

Relacionado con la resistencia a factores ambientales (viento, sequía o frío). Valores altos implican plantas con menor resistencia a condiciones de campo (Piña y Arboleda, 2010).

$$IE = \frac{\text{altura de la parte aerea (cm)}}{\text{diametro de cuello (cm)}}$$

#### 4.15.2. Índice de lignificación (IL)

Evalúa parámetros de peso. Las plantas con valores altos de lignificación son más resistentes a daños físicos y al manejo hasta su establecimiento en campo definitivo (Orozco *et al.*, 2010).

$$IL = \left( \frac{\text{peso seco total (g)}}{\text{peso fresco total (g)}} \right) \times 100$$

#### 4.15.3. Índice de calidad Dickson (ICD)

Combina parámetros morfológicos de longitud y peso. Valores altos representan plantas de mejor calidad ya que por una parte el desarrollo de la planta es elevado y al mismo tiempo las fracciones aéreas y radicales están equilibradas (Rueda *et al.*, 2012 y Villalón-Mendoza *et al.*, 2016).

$$ICD = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{Diametro (mm)}} + \frac{\text{peso seco tallo (g)}}{\text{peso seco raíz (g)}}}$$

4.15.1. Relación peso seco de la parte aérea y el peso seco del sistema radicular (R PSA/PSR)

Predictor del potencial de supervivencia en sitios áridos. Plantas con valores bajos sobrevivirán mejor puesto que tienen una reducida superficie transpirante respecto a la absorbente (Orozco *et al.*, 2010 y Villalón-Mendoza *et al.*, 2016).

$$R \text{ PSA/PSR} = \frac{\text{peso seco aereo (g)}}{\text{peso seco radical (g)}}$$

#### 4.16. Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales son las que se establecen en un terreno con el principal objetivo de forestar o reforestar, las especies que se establezcan pueden ser de nativas o nativas. Hay plantaciones con diferentes objetivos por ejemplo las plantaciones comerciales que estas tiene el fin de plantar especies de rápido crecimiento para el abasto a diferentes industrias. Luego están las plantaciones energéticas que sus productos están dirigidos a usarse como combustible, y por ultimo las plantaciones ambientales que son para detener la erosión del suelo, regenerar las especies y promover a las nativas.

En las plantaciones forestales con productos forestales no maderables (PFNM), se dedica principalmente en especies de las que se obtienen resinas, cera, tallos, hojas, fibras, plantas medicinales, aceites, frutas y especias. Normalmente este tipo de plantaciones se obtienen productos que crecen naturalmente sin necesidad de cortar árboles.



#### **4.17. Plantas aromáticas**

Denominamos plantas aromáticas a todas las especies vegetales cuya importancia radica en poseer un aroma y/o sabor que la hace útil. Las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias (PAMC) se han utilizado desde hace 60,000 años aproximadamente. Son reconocidas como un recurso importante a nivel mundial, dado que contribuyen al desarrollo de la economía desde la etapa de cultivo y post cosecha en el sector agrícola hasta el procesamiento de productos en la industria y la comercialización (Kala, 2015; Kiani *et al.*, 2016).

Tienen diferentes formas de multiplicarse ya sea por semillas, por división de matas que en este caso es cuando hay algunas plantas unidas por raíz y se les separa para reubicar la otra parte en otro lado. La multiplicación por estacas que se puede hacer por gajos que son cuando aún los tallos son nuevos y aún son tiernos, el más común que es por estacas que son los tallos y ramas con 15 cm de largo y se les quita las hojas, las raíces empiezan a salir a lo largo del invierno. Por medio de los estolones son tallos rastreros, superficiales, que emiten raíces y brotes, que cuando se trozan y se entierran dan lugar a nuevas plantas (Forlín, 2012).

#### **4.18. Usos del orégano (*Lippia graveolens* Kunth)**

De mayor importancia industrial y farmacéutica es su aceite esencial, el cual se emplea como fragancia en jabones, perfumes, cosméticos, saborizantes, entre otros (Koksal *et al.*, 2010); además, posee propiedades antibacteriales, antifúngicas, antiparasitarias, antimicrobianas y antioxidantes (Rivero-Cruz *et al.*, 2011). Se sabe que esta planta crece en climas secos o semisecos, en terrenos de origen calizo, por lo que la especie tiene potencial de domesticación, además de lo mencionado *Lippia graveolens* ha sido usada ampliamente como aditivo a muchos alimentos, así como también en la medicina tradicional como terapia para múltiples patologías (Soto-Domínguez *et al.*, 2012).

El orégano tiene un gran número de usos entre los cuales se tienen los siguientes:

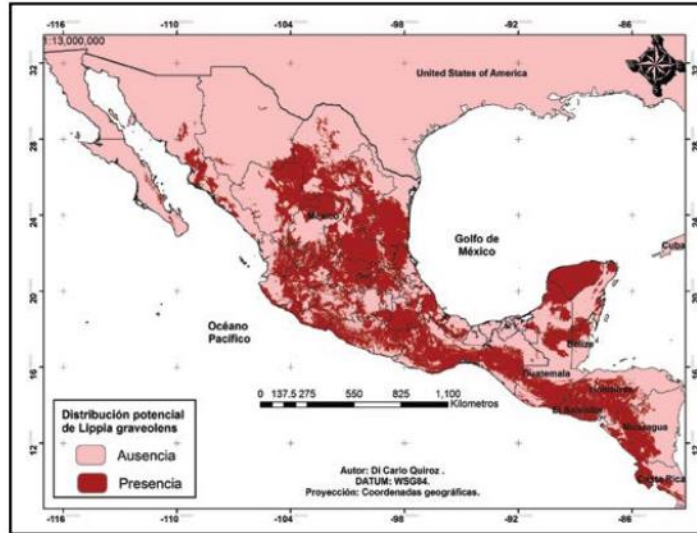
- Alimenticio. La hoja seca de orégano que se comercializa en el mercado nacional se destina a la elaboración de productos alimenticios como potenciador del sabor y conservador natural (Aranda Ruiz *et al.*, 2009, SEMARNAT, 2015).
- Industrial. El Timol y Carvacrol son aceites esenciales que se obtienen de las plantas de orégano. Se extraen principalmente en empresas estadounidenses y europeas que los comercializan a nivel mundial para emplearse en la industria alimenticia como inhibidor de crecimiento de hongos contaminantes y bacterias patógenas relacionadas con los alimentos (*E. coli*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *B. cereus* y *Salmonella sp.*). En alimentos procesados se emplea como antioxidante para la elaboración de embutidos y para conservar alimentos como el salmón, atún y sardinas. En la industria refresquera y licorera el orégano se utiliza como fijador y saborizante. También es utilizado en la fabricación de aceite para aeronáutica, limpieza de piezas automotrices y en la elaboración de veladoras (SEMARNAT, 2015).
- Medicinal. La medicina tradicional lo ha utilizado como analgésicos, antiinflamatorios, antipiréticos; contra diarrea, vómito, indigestión y disentería (Monroy & Castillo, 2000); como antialérgicos, antivirales, vasodilatadores y antihipertensivos (Pietta, 1999; Guerrero *et al.*, 2002), antifúngicos (Hernández *et al.*, 2008), antiparasitarios (Bassole *et al.*, 2003); antimicrobiano en infecciones cutáneas, gástricas y respiratorias (Pascual *et al.*, 2001; Skandamis *et al.*, 2002; Burt & Reinders, 2003; Hernández *et al.*, 2009; SEMARNAT, 2015 ).

- Agroindustrial. La especie tiene un gran potencial fungicida e insecticida en granos almacenados de trigo por lo que puede ser utilizada en lugar de los agroquímicos y así reducir el impacto ambiental (SEMARNAT, 2015).
- Cosmético. El extracto de aceite de orégano se usa como esencia y fijador de olor de perfumes de marcas comerciales reconocidas, así como en la manufactura de jabones y productos de aromaterapia. (INIFAP, 2010; SEMARNAT, 2015).

#### **4.19. Distribución**

Se localiza en zonas tropicales, templadas y áridas. En el sur de México, se encuentran poblaciones en selvas bajas caducifolias, aunque también se presentan en matorrales desérticos, en selva espinosa, bosques encino-enebro-*Brahea* y selva mediana subcaducifolia. En la zona árida del norte del país como: Tamaulipas, Chihuahua, Durango y Coahuila, las poblaciones se encuentran en matorrales espinosos y chaparrales. El orégano, de las zonas tropicales húmedas se encuentra en acahuales (Villavicencio *et al.*, 2010) (Figura 1).

El factor humano tiene un efecto acentuado sobre las poblaciones, siendo los lugares de mayor densidad los que están sujetos al aprovechamiento.



Mapa de distribución de orégano en México (Quiroz Velásquez, 2016).

#### 4.20. Ubicación de Mapimí

El municipio de Mapimí se localiza al extremo norte del estado de Durango, limita al norte, con el estado de Chihuahua; al oriente, con el municipio de Tlahualilo; por el sur, con los municipios de Gómez Palacio, Nazas, Lerdo y San Pedro del Gallo y hacia el poniente, con el municipio de Hidalgo (Ricardo Vélez, 2021).

#### 4.21. Coordenadas de Mapimí

26° 14' 6" latitud norte y 104° 29' 14" longitud oeste.

#### 4.22. Clima

En la mayor parte del municipio predomina un clima semicálido y semiseco, influyendo en gran forma para ello el Bolsón de Mapimí, la gran parte desértica que predomina en el municipio, con una temperatura máxima de 41 °C y una mínima de 9 °C (Ricardo Vélez, 2021).

#### **4.23. Orografía**

El plano inclinado está en su descenso por las sierras de Pelayo, de La Muerte y de La Cadena. Esta es prolongación de la gran sierra del Rosario del municipio de Lerdo. Ya en el bolsón y limitando la llanura por el oeste, se alza la sierra de Mapimí, llamada también del Sarnoso, que en su parte norte da lugar a la formación de la altura llamada cerro de la Bufa.

Igual que en el municipio de Lerdo entre las cordilleras que cruzan el territorio de Mapimí se abren valles y llanuras en las que no se forman arroyos por la gran permeabilidad de su suelo, y la pobre precipitación pluvial anual (Cedemun, 2007).

#### **4.24. Topografía**

Dentro del área de influencia la topografía que guarda este municipio oscila entre terrenos planos con relieve cóncavo, hasta lomeríos de aspecto suave y de baja altura con pendientes uniformes que van del 8 al 20% (Cedemun, 2007).

#### **4.25. Hidrografía**

Tienen cauce definido algunos arroyos, entre los que se cuentan dos importantes: el de Cerro Gordo y el de La Cadena que unidos van a verter sus aguas, cuando las lluvias lo hacen posible, a la laguna salinera de Palomas en el estado de Chihuahua. El río más importante que atraviesa el municipio es el de La Cadena juntando su vertiente con el de Yermo y Cerro Gordo. Cuenta, además, con 27 pozos profundos y una presa en la localidad de Benjamín Ortega (Cedemun, 2007).

#### **4.26. Vegetación**

La vegetación de Mapimí consiste en matorral y pastizal, con plantas pequeñas y arbustos de hojas diminutas, lo que les permite evitar la pérdida de agua. Una de ellas, la gobernadora, domina el paisaje. Se trata de un arbusto aromático pequeño de hasta cuatro metros de altura.

Existen más de cuatrocientas especies de plantas en Mapimí, de las cuales unas treinta son endémicas del desierto Chihuahuense. Los cactus son los terceros en número de especies. Muchas de ellas, además de su interés botánico y ecológico, tienen importancia por sus usos actuales (Grajales, 2022).

#### **4.27. Fauna**

Alacranes, tarántulas, chapulines, avispas gigantes, escarabajos del estiércol o milpiés son algunos de los pequeños animales que viven en este entorno. También encontramos reptiles como ranas, lagartijas, culebras y víboras. Destacan la tortuga del Bolsón y la lagartija de las dunas, especies endémicas y catalogadas como en peligro de extinción.

Entre las aves hay una gran cantidad de especies acuáticas residentes y migratorias presentes en las masas de agua donde encuentran un refugio durante el invierno. Predominan rapaces, codornices, palomas, golondrinas, carpinteros, patos, garzas y correcominos, entre otras especies. De estas, doce se encuentran en alguna categoría de amenaza, como el águila real o la lechuza llanera. En Mapimí encontramos alrededor de sesenta especies: tlacuaches, musarañas, coyotes, felinos, zorras, tejones, venados, jabalíes, conejos y liebres, siendo notablemente grande la biodiversidad de roedores y quirópteros. Por lo general, han desarrollado adaptaciones a las condiciones extremas de aridez. Ejemplo de ello son las ratas canguro, animales nocturnos que, para evitar el estrés del calor, se entierran u oculan durante el día. No almacenan agua y tampoco la pierden por el sudor ya que no tienen glándulas sudoríparas (Grajales, 2022).

#### **4.28. Características y Uso del Suelo**

Los principales usos de suelo los habitantes trabajan de los yacimientos minerales no metálicos, en la agricultura, la industria y el comercio. No en todas partes se dedican a la agricultura, en algunas zonas se aprovechan las aguas del Arroyo La India y Arroyo Cerro Gordo, para el cultivo de alfalfa, melón, sorgo principalmente y en menor proporción algodón hueso (SIAP, 2014).

El municipio está constituido por complejos de montañas castañas y semidesérticas. Suelos calizos de poca profundidad en las partes altas, y laderas más profundas en llanuras y valles.

Se clasifican de la siguiente manera:

Suelos planos.- Estos corresponden al período cenozoico superior clásico de origen aluvial de color castaño, claro oscuro, textura arcillosa con grava y un pH de 7.4.

Suelos ondulados.- Corresponden al período cenozoico medio volcánico y cretácico inferior de origen In-Tosito color castaño oscuro de textura arcillosa con grava y un pH de 7.4.

(Centro Nacional de Estudios Municipales, 1988)

## V. MATERIALES Y METODOS

Para realizar las actividades de la investigación se elaboro un diagrama de flujo con cada uno de los objetivos (Figura 1).

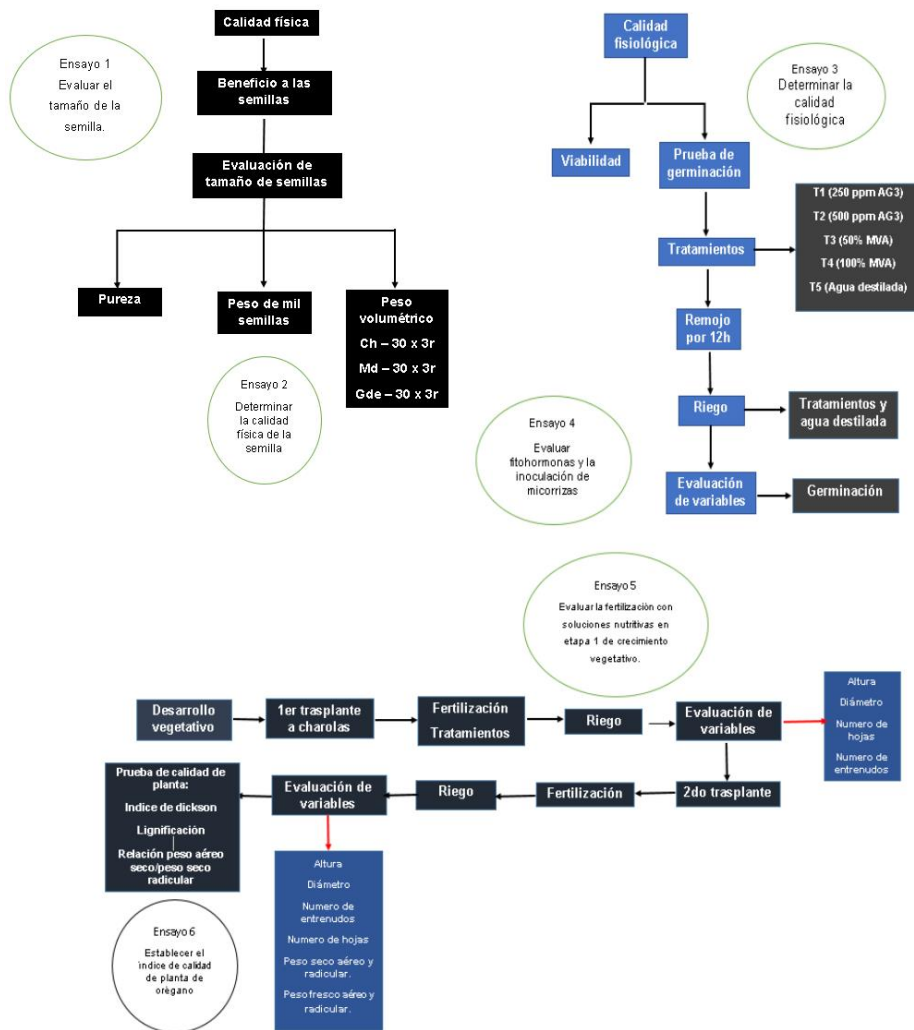


Figura 1. Diagrama de flujo de actividades realizadas.



## **5.1. Ubicación geográfica del sitio experimental**

La investigación se realizó en el ciclo de primavera-otoño del año 2023, en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos (LCTV) e Invernadero del Campo Experimental Saltillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CIRNE-INIFAP), ubicado en Carretera Saltillo - Zacatecas km. 342+119 # 9515 Hacienda de Buenavista C.P. 25315 municipio de Saltillo, Coahuila, México. Con las coordenadas 25° 20' 39.14" N y 101° 02' 1.37" E y altitud de 1,520 msnm. Clima BSoH (x'), cálido y semiárido (clasificación de Köppen modificado por García, 2004). Temperatura media anual de 16.4 °C y precipitación de 610 mm.

## **5.2. Material Vegetativo**

Se utilizaron semillas de *Lippia graveolens* Kunth recolectadas en otoño de 2022, dentro del municipio de Mapimí, Durango. El sitio de colecta presenta un clima muy árido y semicálido (BWhw (e) (García, 2004), temperatura máxima de 41 ° C, una mínima de 9 ° C (Vélez, 2021), precipitación anual de 500 mm, a una altitud de 1304 msnm, ubicado en las coordenadas 26° 14' 6" N y 104° 29' 14" W (INEGI, 2008) (Figura 2).

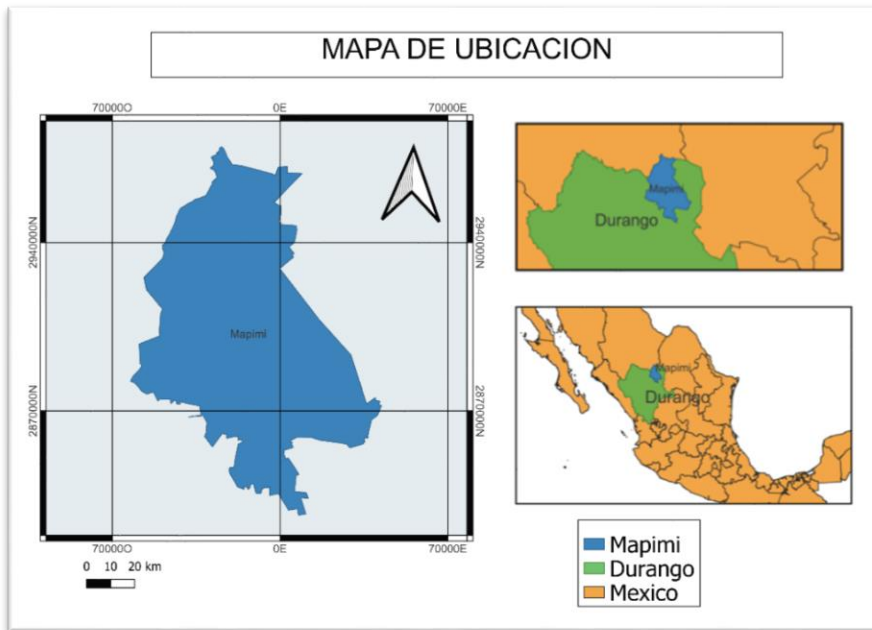


Figura 2 Ubicación del lugar de recolección de las semillas de orégano (*Lippia graveolens Kunth*) en ejido Mapimí, municipio Mapimí Durango.

### 5.3. Ensayo 1 Evaluación del tamaño de la semilla.

#### 5.3.1. Beneficio de la semilla

La limpieza de la semilla se realizó con la ayuda de tamices FIIC con abertura de 0.700 mm. Las cápsulas se frotaron de tal manera que poco a poco fuera bajando el polvo durante el tamizado y se liberara la semilla para poder proceder a su recolección (Figura 3a).

#### 5.3.2. Tamaño de la semilla

Esta prueba se realizó tomando en consideración dos tipos de color en la testa de la semilla; a) tono ocre (clara) b) tono marrón (oscura). Para cada color se midieron 100 semillas con cinco repeticiones (Figura 3b y 3c). En cada repetición por tipo de

color de semilla se tomó una foto con una cámara digital Nikon COOLPIX S3200. Para hacer la medición del tamaño de la semilla la imagen se cargó al programa Fiji.app y con una escala a 1 mm se midió la longitud y diámetro en milímetros (mm). La base de datos se guardó el programa Excel para su posterior análisis estadístico (Figura 3d).

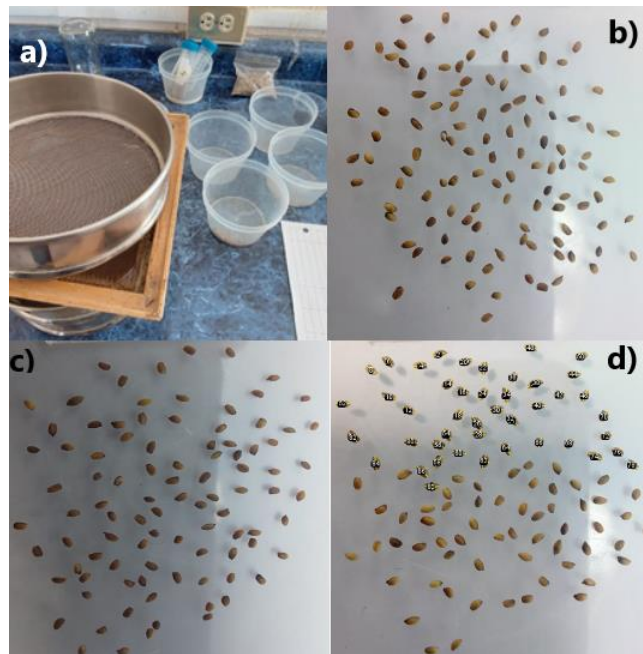


Figura 3. Ensayo 1.- Evaluar el tamaño de la semilla. a) Beneficio de semillas con tamiz, b) Grupo de 100 semillas claras; c) Grupo de 100 semillas oscuras; d) Grupo de semillas medidas con el programa Fiji.app.

### 5.3.3. Análisis estadístico

Para el tamaño de semilla clara y oscura se utilizó un diseño completamente al azar, realizando las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (Bartlett), e independencia de errores (Durbin Watson). Así como un análisis de estadística descriptiva (valor mínimo y máximo, media, mediana, desviación estándar, error estándar, intervalo de confianza y coeficiente de variación). En el análisis paramétrico se hizo con la transformación Box-Cox y al no ajustarse se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-wallis.

**5.4. Ensayo 2 Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P, %), peso de 1000 semillas (PMS, g) y peso volumétrico ((PV, Kg HL<sup>-1</sup>)).**

**5.4.1. Pureza física (P, %).**

La pureza física se realizó a través de un soplador South Dakota, modelo CFY-II, con una abertura de 3 cm/1 minuto, separando los componentes: semilla pura (SP) y materia inerte (MI), según las reglas de International Seed Testing Association (ISTA) (ISTA, 2019). Se consideraron tres categorías de semilla pura (SP); 1) la semilla Súper Pesada Limpia (SSP), 2) Semilla Pesada Limpia (SPL), Semilla Liviana Limpia (SLL). Los componentes de la semilla vana (SV) fueron; semilla seca, chupada, abiertas con parte de la testa rota, sin endospermo, inmaduras o sin formación de estructura embrionaria. Se consideró como material inerte (MI) el polvo restos de hoja, tallo, capsulas del fruto y otras impurezas.

Con una balanza marca ADAM EQUIPMENT (0.001 g) se obtuvo el peso de cada componente (Figura 4a) y con las fórmulas propuesta por ISTA (2016) se hizo el cálculo de cada componente.

$$\% \text{ Semilla pura} = \frac{\text{g semilla pura}}{\text{g muestra colectada}} * 100$$

$$\% \text{ Semilla vana} = \frac{\text{g semilla vana}}{\text{g muestra colectada}} * 100$$

$$\% \text{ Materia inerte} = \frac{\text{g materia inerte}}{\text{g muestra colectada}} * 100$$

#### 5.4.2. Peso de 1000 semillas (PMS).

Esta prueba se realizó con semilla pura y determinó conforme al International Seed Testing Association (ISTA) (ISTA, 2019) (Figura 4b). Se consideraron 10 repeticiones de 100 semillas cada una, obteniendo el peso en gramos (g) con una balanza marca ADAM EQUIPMENT (Figura 4b) con precisión de 0.0001g. Con la información se aplicó la siguiente fórmula e hizo un análisis descriptivo de los datos (valor mínimo y máximo, media, mediana, desviación estándar, error estándar e intervalo de confianza).

$$\text{PMS (g)} = \frac{\text{Peso de la muestra}}{\text{número de semillas de la muestra}} * 1000$$

$$\text{PMS} = \text{media aritmética} * 10$$

#### 5.4.3. Peso volumétrico (PV, Kg HL<sup>-1</sup>).

Se registró el peso de la semilla contenido en un cierto volumen (densidad). Se utilizó un tubo Eppendorf de 1.5 mL donde se vaciaron las semillas de orégano y con una regla se pasó por encima en forma de zig zag, para quitar el exceso de semilla; posteriormente el contenedor se pesó en gramos (g) en una balanza marca ADAM EQUIPMENT con precisión de 0.001 g (Figura 4c). Se consideraron cuatro repeticiones y aplicó la siguiente fórmula del ISTA (ISTA, 2015), expresando el resultado en Kg HL<sup>-1</sup>:

$$PV = (\text{Kg HL}^{-1}) = \left( \frac{\text{Peso de semilla (g)}}{\text{Volumen ocupado (mL)}} \right) * 100$$

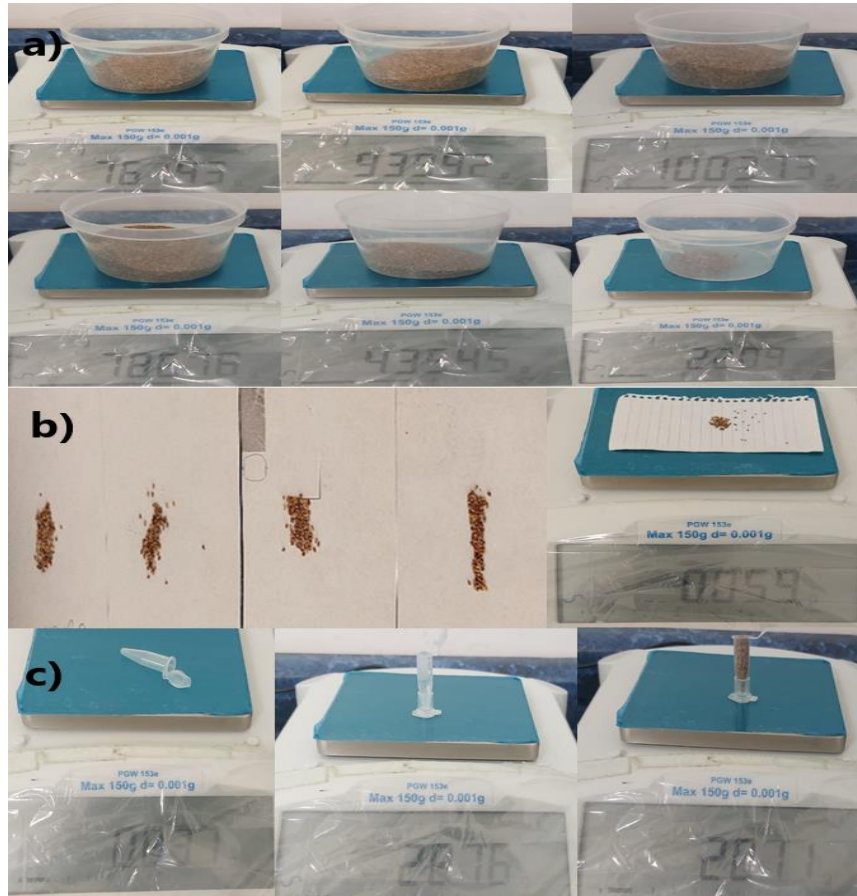


Figura 4. Ensayo 2: a); Prueba de Pureza de semilla (P, %); b) Prueba Peso de mil semillas (PMS) c) Prueba de Peso volumétrico (PV, Kg HL-1).

#### 5.4. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación).

##### 5.4.1. Viabilidad

Esta prueba se realizó con semilla pura tomando en consideración dos tipos de color en la testa de la semilla; a) tono ocre (clara) b) tono marrón (oscura) (Figura 3b y

3c). Para cada color se contaron 50 semillas con 3 repeticiones (Figura 5a). Previo a la prueba, las semillas se lavaron y agitaron en un equipo Sea Star a 250 RPM. Cada muestra se dejó remojando 12 h en agua destilada en una estufa marca Felisa modelo FE-291 a 35 °C (Figura 5b); posteriormente se retiró parte de la testa de las semillas con ayuda de una pinza y bisturí. Las semillas se colocaron en un tubo Eppendorf en una solución de tetrazolio (*triphenyltetrazolium chloride*) al 0.5 % agregando 1.0 mL (Figura 5c). Las semillas oscuras y claras con su embrión expuesto se incubaron en una estufa marca Felisa modelo FE-291 a 3 5°C por 2, 4, 6 y 12 h (Figura 5b). Pasado este tiempo las semillas se colocaron en una caja Petri y con ayuda de un estereoscopio marca Liedel se contaron las semillas con un color rojo (viables) y blancas (no viables)

#### 5.4.2. Análisis estadístico.

Los datos de viabilidad se analizaron en el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020). Se evaluaron todos los supuestos de un análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) paramétrico para las semillas oscuras y claras; se hizo un análisis de normalidad (Shapiro-Wilk), una prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) e Independencia de errores (Durbin Watson), se determinó el Coeficiente de variación (CV, %) y Coeficiente de determinación ( $R^2$ ). ANOVA y comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

En ambos tipos de semilla se hizo la estadística descriptiva (valor mínimo y máximo, la media, mediana, desviación estándar, error estándar e intervalo de confianza (IC)).

#### 5.4.3. Germinación.

Se evaluaron los tratamientos; T1 (250 ppm de Ácido Giberélico ( $AG_3$ ); T2 (500 ppm Ácido Giberélico ( $AG_3$ ); T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza

fúngica de 23 esporas  $g^{-1}$  de suelo); T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo), con la técnica recubrimiento de Fernández (2003) más un testigo T5 (agua destilada); considerando 150 semillas con tres repeticiones por tratamiento; en total se establecieron 450 de cada tratamiento. Para esta evaluación se utilizó un total de 2,250 semillas de orégano.

#### 5.4.4. Remojo de las semillas.

Previo a la siembra las semillas, se remojaron con su tratamiento respectivo y se agitaron en un equipo modelo SEA STAR HSA00315 a una velocidad de 250 RPM por 4 min. Cuando terminó la agitación, se dejaron remojando por 12 h en el tratamiento correspondiente (Figura 5d).

#### 5.4.5. Sustrato para la germinación de semillas

Se preparó una mezcla de sustrato 3:2:1 (peat moss: agrolita: vermiculita), el cual se esterilizó en el autoclave modelo SM-360-A (Figuras 5 (b)) 120 °C y 1.5 Kg/cm<sup>2</sup>. El sustrato se vació en contenedores de polipropileno de 250 mL, mismos que fueron etiquetados para su identificación, en esos contenedores se vertieron las semillas previamente remojadas haciendo un círculo para que pudieran ocupar todo el contenedor. El sustrato se regó con el tratamiento y los contenedores se metieron en bolsas de plástico transparente y llevaron al cuarto de incubación del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP.

#### 5.4.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, las variables evaluadas fueron: Días después de siembra (dds), cada siete días considerando la emergencia del hipocotilo y cotiledones (Figura 5c) y Porcentaje de germinación (GE, %) a los 42 dde (Figura 5d).



#### 5.4.7. Modelo estadístico.

Consistió en un completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento, mediante el siguiente modelo, bajo la hipótesis  $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = \tau_6$  vs  $H_1$ : efectos del tipo y dosis influyen en la variable de respuesta.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$ = Media.

$\tau_i$ = efecto del tratamiento  $i$  (T1, T2, T3, T4 y T5).

$\varepsilon_{ij}$ = error aleatorio (residuo).

El análisis de varianza definido se realizó para probar la hipótesis nula:

$H_0$ : = no hay efecto de la concentración de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento de las plantas de orégano.

#### 5.4.8. Análisis estadístico de Germinación.

Cinco tratamientos con tres repeticiones por tratamiento; hipótesis  $H_0: T1 = T2 = T3 = T4 = T5$  vs  $H_1$  efecto del tratamiento influye en la variable de respuesta. Se hizo un análisis paramétrico con todos los supuestos del análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ) e hizo un análisis de normalidad (Shapiro-Wilk); prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) e Independencia de errores (Durbin Watson), se determinó el Coeficiente de variación (CV, %) y Coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

Cuando existieron diferencias estadísticas, se aplicó la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Todos los análisis se llevaron a cabo con el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020). (Figura 4f y 4g) expresando el resultado en porcentaje.

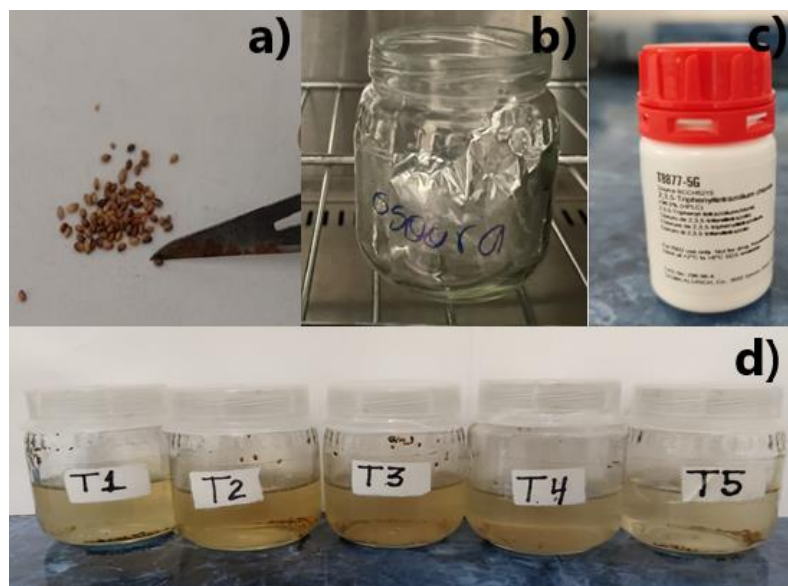


Figura 5. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación). a) Grupos de 100 semillas; b) Semillas con la solución de *triphenyltetrazolium chloride* en el horno a 35 °C por 12 hrs; c) Solución *triphenyltetrazolium chloride*; f) Semillas en remojo con los tratamientos.

### 5.5. Crecimiento de plántulas de orégano a los 45 dds con fitohormonas e inoculación de micorriza

Se evaluaron los tratamientos; 250 ppm de Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>) (T1); 500 ppm Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>) (T2); 50% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) (T3); 100% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) (T4), con la técnica recubrimiento de Fernández (2003) más un testigo (T5) con agua destilada. En esta evaluación se consideraron 38 plántulas con tres repeticiones por tratamiento; en total se establecieron 114 plántulas de cada tratamiento. Para esta evaluación se utilizó un total de 570 plántulas de orégano.

Las variables evaluadas fueron: Altura foliar (At, cm), longitud radicular (Lr, cm), Número de entrenudos (Ne) y Número de hojas (Nh).

### 5.5.1. Trasplante

Pasados 45 días después de la siembra, se realizó el primer trasplante de las plántulas a las charolas de 200 cavidades (Figura 6).

### 5.5.2. Análisis estadístico de Desarrollo Vegetativo

Cinco tratamientos con tres repeticiones por tratamiento; hipótesis  $H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5$  vs  $H_1$  efecto del tratamiento influye en la variable de respuesta. En este estudio se evaluaron todos los supuestos de un análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ): Normalidad (Shapiro-Wilk), Homogeneidad de varianzas (Bartlett) e Independencia de errores (Durbin-Watson) para la variable longitud radicular (Lr). Cuando existieron diferencias estadísticas, se aplicaron pruebas de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Para algunos casos se utilizaron pruebas generalizadas (pruebas no paramétricas), porque los datos no se ajustaron a las pruebas de normalidad, usando la transformación de Box-Cox elevando las variables Altura foliar (Af) a 0.6524, Número de entrenudos (Ne) a 1.7837, Número de hojas (Nh) a 2.9203 y al no ajustarse los datos se como alternativa del ANOVA. Todos los análisis se llevaron a cabo con el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020).



Figura 6. Ensayo 4. Crecimiento de plántulas de orégano a los 45 dds con fitohormonas e inoculación de micorrizas; Trasplante de plántulas a charolas.

### **5.6. Ensayo 5. Efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner en etapa 1 de crecimiento vegetativo de orégano**

Se evaluaron tratamientos con diferentes concentraciones de solución Nutritiva Steiner: T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner); T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner); T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner); T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner); más un testigo T5 (agua destilada) (Figura 7a). En esta evaluación se consideraron 45 plántulas con tres repeticiones por tratamiento; en total se establecieron 135 plántulas de cada tratamiento. Para esta evaluación se utilizó un total de 675 plántulas de orégano.

#### **5.6.1. Sustrato, Riego y fertilización para primer trasplante**

Se utilizó la misma mezcla de sustrato 3:2:1 (peat moss: agrolita: vermiculita) descrita en el apartado 5.5.4. Para el trasplante se utilizaron charolas de polipropileno de 112 cavidades. En este contenedor se hizo una fertilización foliar diaria a las plantas con la solución Steiner a 1L (Cuadro 2) de cada tratamiento con un atomizador de 900 mL asegurándose el riego a capacidad de campo (Figura 7b).

Al mes se les cambió la forma de regar y aplicar la fertilización, utilizando una bomba de agua modelo BS-133 y un chiflón de roció fino (niebla) (Cuadro 2).

**Tabla 1** Formulación de la solución Steiner en gramos para 1L y 3L.

	1L				3L			
	25	50	75	100	25	50	75	100
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.265	0.531	0.796	1.062	0.796	1.593	2.389	3.186
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.054	0.108	0.163	0.217	0.163	0.326	0.489	0.652
Mg(NO <sub>3</sub> )	0.051	0.102	0.153	0.205	0.153	0.307	0.461	0.615
Mg(SO <sub>4</sub> )	0.073	0.147	0.221	0.295	0.221	0.443	0.665	0.887
KCL	0.044	0.089	0.134	0.179	0.134	0.268	0.402	0.537
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.065	0.13	0.196	0.261	0.196	0.392	0.588	0.784
NH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.052	0.105	0.158	0.211	0.158	0.316	0.475	0.633
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0.16	0.32	0.48	0.64	0.48	0.96	1.44	1.92
Microelementos	0.06	0.12	0.18	0.24	0.18	0.36	0.54	0.72

#### 5.6.2. Preparación muestra peso fresco y seco

Para este análisis se seleccionaron 15 plantas de cada tratamiento (Figura 7d). Cada planta se extrajo del contenedor con cepellón, se eliminó el sustrato de la raíz y la planta completa se pesó en una báscula digital marca Adam (0.001 g) mientras aún seguía verde (Figura 7g), posteriormente se separó el tallo de la raíz y se pesaron por separado. Las muestras de material vegetativo se colocaron en papel aluminio y secaron en una estufa marca Felisa modelo FE-291 a 40 °C por 12 horas (Figura 7e y 7f), después de este tiempo el tejido sin humedad se volvió a pesar (Figuras 7h).



Figura 7. Ensayo 5.- Evaluar la fertilización con soluciones nutritivas en etapa 1 de crecimiento vegetativo. a) Elementos usados para formular la solución Steiner; b) Riego con atomizador con solución Steiner a 1L; c) Riego a las plantas con solución Steiner de 3L, d) Plantas de cada tratamiento; e) Temperatura de secado de las plantas en horno por 12 hrs; f) Plantas secas (tallo, hojas y raíz), g) Peso fresco de las plantas; h) Peso seco de las plantas.

### 5.6.3. Diseño experimental

En este ensayo se utilizó para la producción de planta un diseño completamente al azar, donde se evaluaron cuatro tratamientos: T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner); T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner); T3 (75 % de solución Nutritiva

Steiner); T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner); más un testigo T5 (agua destilada).

#### 5.6.4. Modelo estadístico

Consistió en un completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento, mediante el siguiente modelo, bajo la hipótesis  $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5$  vs  $H_1$ : efecto de la concentración nutritiva influye en la variable de respuesta.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$ = Media.

$\tau_i$ = efecto del tratamiento  $i$  (T1, T2, T3, T4 y T5).

$\varepsilon_{ij}$ = error aleatorio (residuo).

El análisis de varianza definido se realizó para probar la hipótesis nula:

$H_0$ : = no hay efecto de la concentración de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento de las plantas de orégano.

#### 5.6.5. Variables evaluadas

A los 168 ddt (días después del trasplante) se realizó la medición de variables morfométricas de las plántulas: Altura foliar (Af, cm), Longitud radicular (Lr, cm), Diámetro de cobertura (Dc, cm), Número de entrenudos (Ne), Número de hojas (Nh); Peso fresco tallo (Pfta, g), Peso fresco radicular (Pfr, g), Peso fresco total (Pft, g); peso seco tallo (Psta, g), peso seco radicular (Psr, g) y peso seco total (Pst, g).

La Altura del tallo (Af, cm) tomado desde la base del tallo hasta la yema apical y Longitud radicular (Lr, cm), tomado desde el cuello de la base del tallo hasta la punta de la raíz; así como el Diámetro de cobertura (Dc, cm). Estas variables se midieron en centímetros con un Vernier digital (Carbon Fiber Composites). El conteo del Número de entrenudos (Ne) y Número total de hojas por planta (Nh) se hizo de forma visual. Para el Peso fresco total de la planta (Pft, g), peso fresco de la raíz (Pfr, g), peso fresco del tallo (Pft, g), peso seco del tallo (Psta, g), peso seco aéreo (hojas y tallo) (Psa, g), peso seco de la radicular (Psr, g) y peso seco total (Pst, g) se utilizó una balanza marca ADAM EQUIPMENT (0.001 g).

#### 5.6.6. Análisis estadístico.

En este ensayo se hizo un análisis paramétrico evaluando todos los supuestos de ANOVA ( $\alpha=0.05$ ): prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk), Homogeneidad de varianzas (Bartlett) e Independencia de errores (Durbin-Watson) para las variables: Altura foliar (Af, cm), Número de entrenudos (Ne), Número de hojas (Nh), Peso fresco tallo (Pfta) y peso seco radicular (Psr). Cuando existieron diferencias estadísticas, se aplicaron pruebas de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Se hizo la transformación de Box-Cox con las variables: Longitud radicular (Lr) a -2.2206, Diámetro de cobertura (Dc) a 0.8679, Peso fresco de raíz (Pfr) a 0.1980, Peso fresco total (Pft) a 1.9334, Peso seco de tallo (Psta) a 3.2083, Peso seco total (Pst) 2.9956 y al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis como alternativa del ANOVA y una prueba de comparación medias LSD. Todos los análisis se llevaron a cabo con el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020).



## 5.7. Ensayo 6. Índice de calidad de planta de orégano (Lignificación, Dickson y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular).

Con el propósito hacer un diagnóstico sobre el nivel de pre-acondicionamiento que tuvieron las plantas de orégano en los tratamientos con y sin solución nutritiva Steiner que se evaluó en el Ensayo 5, se determinaron los índices de calidad de planta para establecer un estándar de calidad que favorezca su establecimiento cuando se realice la producción de planta en los viveros forestales y su posterior desarrollo en el campo.

Para la evaluación de la calidad de planta de orégano se tomó una muestra de quince plantas de cada tratamiento del Ensayo 5. La preparación de las muestras y determinación del peso fresco y seco se hizo de acuerdo al apartado 5.6.2.

### 5.7.1. Índice de lignificación (IL)

Este índice evalúa parámetros de peso como: Peso fresco total (Pft, g) y Peso seco total (Pst) (Orozco *et al.*, 2010) y se basa en el supuesto de que las plantas de orégano con valores altos de lignificación son más resistentes a daños físicos y al manejo hasta su establecimiento en campo definitivo. Para su cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$IL = \left( \frac{\text{peso seco total (g)}}{\text{peso fresco total (g)}} \right) \times 100$$

### 5.7.2. Índice de calidad Dickson (ICD)

Este índice combina parámetros morfológicos de longitud y peso de las plántulas de orégano, con las variables: Altura del tallo (Af, cm), diámetro del tallo (Dt, cm), peso seco del tallo (Psta, g), peso seco de la radícula (Psr, g) y peso seco total (Pst, g). El ICD se basa en el supuesto de que valores altos representan plantas de mejor

calidad, ya que por una parte el desarrollo de la planta es elevado y al mismo tiempo las fracciones aéreas y radicales están equilibradas (Rueda *et al.*, 2012; Villalón-Mendoza *et al.*, 2016). Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$ICD = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura (cm)}}{\text{Diametro (mm)}} + \frac{\text{peso seco tallo (g)}}{\text{peso seco raiz (g)}}$$

### 5.7.3. Relación peso seco aéreo y peso seco radicular (R PSA/PSR).

Esta relación se determinó en plántulas de orégano cultivadas en contenedores, para el análisis se utilizaron las variables: peso seco aéreo (Psa, g) y peso seco radicular (Psr, g) (Orozco *et al.*, 2010 y Villalón-Mendoza *et al.*, 2016). La R PSA/PSR se basa en el supuesto de que plantas con valores bajos sobrevivirán mejor, puesto que tienen una reducida superficie transpirante respecto a la absorbente (Orozco *et al.*, 2010 y Villalón-Mendoza *et al.*, 2016), siendo un predictor del potencial de supervivencia cuando las plantas se establezcan en sitios áridos. Para su cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$R \text{ PSA/PSR} = \frac{\text{peso seco aéreo (g)}}{\text{peso seco radicular (g)}}$$

### 5.7.4. Análisis estadístico

De los tratamientos del ensayo 5 se tomaron quince plantas de orégano como repeticiones por tratamiento para calcular los índices de calidad de planta de IL, ICD y Relación PSR/PST; con la hipótesis  $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5$  donde las plantas de orégano tienen la misma calidad de planta vs  $H_1$ : efecto del tratamiento nutritivo influye en el índice de calidad de planta de orégano. Con el IL e ICD se evaluaron todos los supuestos de un análisis de varianza ( $\alpha=0.05$ ): Prueba de Normalidad

(Shapiro-Wilk), Homogeneidad de varianzas (Bartlett) e Independencia de errores (Durbin-Watson). Cuando existieron diferencias estadísticas, se aplicaron pruebas de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se hizo una transformación Box-Cox de la variable de Relación peso seco (Relación PSR/PST) a -1.669756 y con la transformación los datos se ajustaron a las pruebas. Todos los análisis se llevaron a cabo con el software estadístico R® versión 3.5.3 (R Core Team, 2020).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Ensayo 1. Evaluación del tamaño de la semilla

#### 6.1.1. Diámetro

El análisis paramétrico muestra que los datos de diámetro no se ajustan a la pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk ( $p=3.649351e^{-26}$ ), homogeneidad de varianzas de Bartlett ( $p=1.809884e^{-43}$ ), e independencia de errores de Durbin Watson ( $p=0.03791568$ ). Al no existir normalidad en los datos se hizo una transformación Box-Cox elevando los valores a -2.948494 y al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis ( $p.chisq=0.001207$ ) donde se registraron diferencias significativas y en la comparación de medias LSD se determinó que las semillas oscuras tienen mayor diámetro (0.9628 mm) que las claras (0.9130 mm) (Figura 8a).

#### 6.1.2. Longitud

El análisis paramétrico muestra que los datos de longitud no se ajustan a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $p=9.680711e^{-07}$ ), homogeneidad de varianzas de Bartlett ( $p=1.822743e^{-13}$ ), e independencia de errores de Durbin Watson ( $p=8.754285e^{-27}$ ). Al no existir normalidad en los datos se hizo una transformación Box-Cox elevando los valores a 1.902225 y al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis ( $p.chisq =0.0001144201$ ) y una prueba de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) indicando que la longitud entre tipos de semilla es diferente; las claras fueron más largas (2.1679 mm) que las oscuras (1.9289 mm) (Figura 8b).

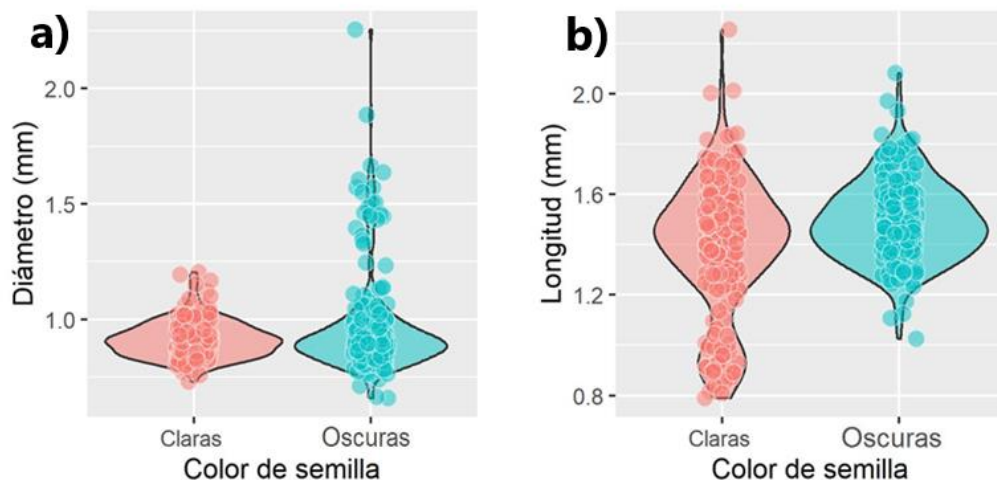


Figura 8. a) Prueba de medias (LSD) para Diámetro de las semillas claras y oscuras y b) Prueba de medias (LSD) Longitud de las semillas claras y oscuras.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de longitud y diámetro de las semillas claras y oscuras de orégano (*Lippia graveolens* Kunth).

	Min	Max	Media	Mediana	DE	EE	IC	CV	Á
Oscuras	Longitud	0.789	2.255	1.391	1.437	0.26	0.01	0.02	18.79
	Diámetro	0.658	2.255	0.963	0.905	0.26	0.01	0.02	27.19
Claras	Longitud	1.024	2.081	1.495	1.4795	0.16	0.00	0.01	10.52
	Diámetro	0.73	1.204	0.913	0.906	0.08	0.00	0.00	8.55
									9.005E-05

DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación; A=Área.

La estadística descriptiva muestra que la semilla clara de orégano evaluada del municipio de Mapimí presenta un tamaño no mayor a 0.91 mm de diámetro y 1.49 mm de longitud (Cuadro1) y las oscuras un tamaño no mayor a 0.96 mm de diámetro y 1.39 mm de longitud (Cuadro 1). De acuerdo con Willman *et al.*, (2000) las especies del género *Lippia* tienen un tamaño menor a 0.5 mm; mientras que

Martínez, (1990); Alaníz, (1998); Ku, (2008); Ocampo-Velázquez, *et al.*, (2010) y León 2020, refieren para la especie *Lippia graveolens* un tamaño de semilla que ronda entre los 0.25 y 0.5 mm. En este estudio, las semillas de orégano de ambas tonalidades sobrepasaron este rango y presentaron un tamaño y área mayor; destacando que las semillas claras son más largas que las oscuras, pero estas últimas presentan un diámetro mayor, estas diferencias pueden ser debido a su grado de maduración y afectar la germinación (Cuadro 1).

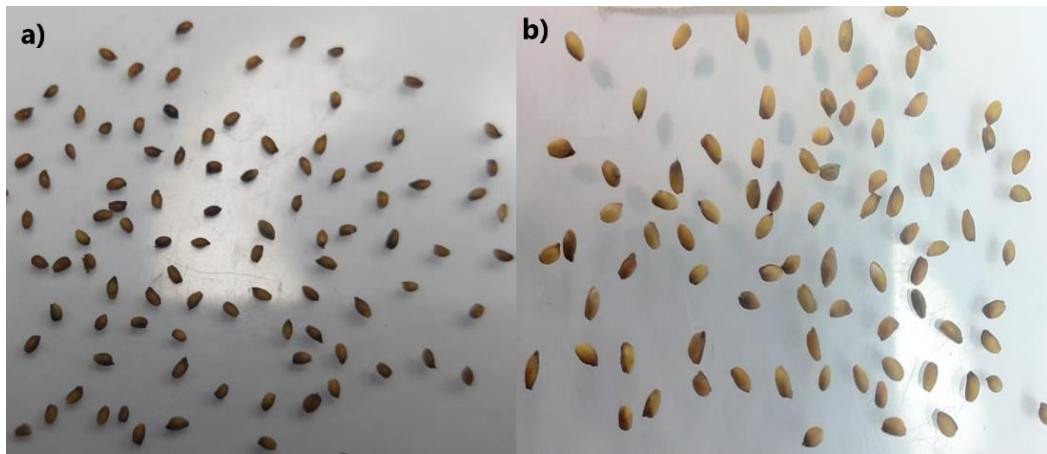


Figura 9. Tamaño de semilla. a) Semillas oscuras; b) Semillas claras.

## **6.2. Ensayo 2 Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P), peso de 1000 semillas (PMS) y peso volumétrico (PV)).**

### **6.2.1. Pureza física (P, %)**

Para el lote de semilla de orégano evaluado se reporta una pureza del 88.29%; resultado significativo ya que la semilla se colectó de poblaciones naturales; existiendo variabilidad entre las tres categorías de semilla pura (SP) (Cuadro 2); sin

embargo, para especies cultivadas (SNICS, 2016) el ISTA refiere una pureza del 98%. El conocer la pureza de la semilla de orégano es un análisis importante para determinar la calidad del lote de semillas, por lo que es necesario realizar este análisis previo a la programación de la producción de planta.

La semilla Súper Pesada Limpia (SSP) registró la menor proporción (19.25%) y junto con la Semilla Pesada Limpia (SPL) (23.77%) pueden utilizarse como material de propagación en un esquema de producción de planta, porque ambos tipos de semillas mostraron eficiencia de llenado o formación de la semilla que contribuyen a la germinación de acuerdo a Loza-Cornejo (2004). La eficiencia de llenado o formación de la semilla puede variar de acuerdo con las condiciones del ambiente, e influye en el porcentaje de semilla pura (Avendaño *et al.*, 2015, Villanueva *et al.*, 2021). Esta porción de semilla pura se utilizó para las pruebas de calidad física y fisiológica como lo refiere el ISTA (ISTA, 2019).

La proporción de Semilla Liviana Limpia (SLL) fue de 45.27% e indica la deficiencia de llenado y maduración de la semilla, para efficientar esta muestra es necesario considerar el uso de promotores de germinación.

El conocer la pureza de las semillas permite separar la semilla de cualquier impureza, establecer la composición de la muestra, la cual puede variar de acuerdo con las condiciones del ambiente de donde se hizo la colecta e influir en el porcentaje de semilla pura (SNICS, 2018). Se considera pura si aparece normal en cuanto a su tamaño, forma y aspecto general externo. Inversamente, se considera como impura la semilla que es demasiado pequeña, que ha sido parcialmente comida por los insectos o pone en evidencia manchas producidas por los hongos. Una muestra para un ensayo de pureza puede consistir de 100 a 1.000 semillas (Flolliott y Thames 1993).

La cantidad de semilla vana (SV) fue de 11.01% y de Material inerte (MI) de 0.68%.

Cuadro 2. Pesos y porcentajes tomados para la prueba de Pureza física de semilla.

<b>Semillas</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Semilla súper pesada (SSP)	76.14	19.26
Semilla pesada limpia (SPL)	93.99	23.77
Semilla liviana limpia (SLL)	178.99	45.27
Semilla vana (SV)	43.55	11.01
Material inerte (MI)	2.71	0.69
Total	395.38	100
CV	83.19	83.19

#### 6.2.2. Peso de 1000 semillas (PMS)

En orégano se determinó un PMS de 0.600 g (Cuadro 3) con un CV de 2.83 resultado que cumple con lo establecido por el ISTA (ISTA, 2019); el rango mínimo y máximo va de 0.0580 g a 0.0580 g  $\pm$  0.0017.

El PMS de este estudio supera al valor reportado por Villa-Castorena *et al.*, (2011) quienes refieren un PMS de 0.45 g en semilla colectada en la Comarca Lagunera. Esta prueba es un indicador del tamaño (Thompson, 1979) y densidad de la semilla, la cual puede variar según la especie y localidad (Ginwal *et al.*, 2005).

La importancia de determinar el PMS es conocer la cantidad de semilla por unidad de peso (kg) que se pueden requerir en la producción de planta.



Cuadro 3. Estadística descriptiva del peso de mil semillas PMS (g) de orégano (*Lippia graveolens* Kunth).

Min	Max	Media	Mediana	DS	EE	IC	CV
0.0580	0.0630	0.0600	0.0595	0.0017	1.70E-04	0.0003	2.8328

DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación.

### 6.2.3. Peso volumétrico (PV, Kg HL<sup>-1</sup>)

En orégano se determinó un PV de 128.667 Kg HL<sup>-1</sup> (Cuadro 4) con un CV de 2.20 resultado que cumple con lo establecido por el ISTA (ISTA, 2015); su rango mínimo y máximo va de 125.28 Kg HL<sup>-1</sup> a 132.21 Kg HL<sup>-1</sup> ± 2.83. Esta prueba es un indicador de la calidad que influye en el vigor de las plántulas, el valor reportado en esta prueba sirve de referencia, pues no existe información sobre el PV para esta especie en ninguna norma de tecnología de semillas; sin embargo, la variación del PV puede ser a causa del contenido de humedad y el peso de las semillas, porque ambos están relacionados; la alta o baja cantidad de agua en la semilla afecta el valor del peso y espacio que ocupa la semilla en un volumen determinado (Moreno, 1996). Entre mayor tamaño y dimensión de la semilla (*Agave potatorum*) es menor la cantidad y mayor el espacio que ocupa la semilla en el volumen determinado con un PV de 31.17 Kg HL<sup>-1</sup>; un efecto contrario ocurre con semillas pequeñas como las de orégano donde al tener menor tamaño ocuparon mayor cantidad y menor espacio en el volumen del contenedor por lo que el PV es mayor esto coincide con lo reportado por Ayala *et al.* (2006), Gutiérrez-García *et al.*, (2006) y con lo dicho por Bobadilla Meléndez *et al.*, (2013), que dice que al ser las semillas más pequeñas, les permite acomodarse mejor al recipiente evitando espacios libres entre las semillas en el recipiente. El tamaño pequeño y bajo peso del grano influyó sobre el peso volumétrico de la muestra (Mendoza-Pedroza *et al.*, 2023). La determinación

del PV es importante porque es un indicador de la calidad de la semilla y puede influir en el vigor de las plántulas como lo refiere el ISTA (ISTA, 2019).

El Peso Volumétrico es un indicador de la calidad obtenida en campo en relación con el manejo agronómico y las condiciones ambientales que se presentan durante el desarrollo del cultivo y finalmente son expresadas en la semilla (Moreno, 1993).

Cuadro 4. Estadística descriptiva de Peso volumétrico (PV, Kg HL<sup>-1</sup>).

Min	Max	Media	Mediana	DS	EE	IC	CV
125.287	132.215	128.714	128.677	2.833	1.416	2.776	2.201

DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación.

### 6.3. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación).

#### 6.3.1. Viabilidad (V)

El tiempo de incubación de la prueba de 48 h, resultó ser suficiente para teñir el embrión en este tipo de semillas e indicó que la muestra evaluada presentó tejidos vivos con poder germinativo efecto también reportado por Grzybowski *et al.*, (2012) y Kaiser *et al.*, (2014). El acondicionamiento realizado a la semilla de orégano referente a la imbibición y corte, así como el tiempo imbibición directa de 48 horas facilitó la entrada del tetrazolio en la testa de la semilla; ambos factores fueron cruciales para asegurar una prueba exitosa como lo refieren Abbade y Takaki (2014). En orégano la concentración de *triphenyltetrazolium chloride* al 0.5% y el tiempo de incubación de 48 h; en esta prueba resulto factible porque se logró determinar el patrón de tinción del embrión y la intensidad de la coloración, parámetros importantes de esta prueba como lo refiere Ruiz (2009) y se considera como una prueba de gran precisión (Sawma y Mohler, 2002).

Esta misma concentración y tiempo de incubación se utilizó en semillas de linaza (*Linum ussitassimum*) donde se obtuvo uno de los valores más altos de viabilidad (86%) (Salazar *et al.*, 2018).

Considerando que existen muy pocos estudios de viabilidad en especies nativas (Godefroid *et al.*, 2010) es necesario tomar este referente en estudios posteriores de viabilidad en orégano.

La viabilidad es un rasgo importante para evaluar la habilidad de colonización de las especies (Bremholm 1993, Pywell *et al.*, 2003) y por ende está ligado al éxito o fracaso reproductivo de las poblaciones (Borza *et al.*, 2007). En orégano el empleo de métodos rápidos para conocer la viabilidad es importante, con el fin de acelerar la toma de decisiones en cuanto al manejo de los lotes de semillas (Medeiros *et al.*, 2015), además de conocer la calidad de las semillas (Clemente *et al.*, 2011).

El análisis estadístico de los datos de las semillas oscuras y claras, demostraron tener normalidad en la prueba de Shapiro-Wilk ( $p=0.6412$ ); homogeneidad de varianzas ( $p=0.2407$ ) e independencia de errores de Durbin-Watson ( $p=0.8398$ ) y se rechaza la hipótesis nula porque en la viabilidad existe diferencia entre el tipo de color de semilla de orégano.

Existen diferencias entre tipos de color de la semilla; las oscuras registraron mayor viabilidad ( $V= 80.67\% \pm 13.61$ ) con un CV de 16.87%; superando en viabilidad a las claras ( $V= 24.67\% \pm 5.03$ ) con un CV de 20.40% valor significativo dado que la muestra se colectó de poblaciones naturales (Cuadro 4; Figuras 10a y 11a). En especies cultivadas de otras plantas aromáticas (*Anethum graveolens* L.) se registró una viabilidad de más del 90% (Victoria *et al.*, 2006). El resultado de la viabilidad en orégano indicó que la capacidad germinativa puede ser afectada por la maduración de la semilla; las de color claro fueron semillas con células embrionarias con una disminución en la actividad respiratoria detectando una posible dormancia en este tipo de semilla y la necesidad de profundizar en la evaluación de promotores de germinación para incrementar la emergencia de las plántulas y eficientar este lote de semilla. De acuerdo a Thomas y Whitlock (1980), existen diferencias en viabilidad debido a la maduración de las semillas; en *Apium graveolens* L. se registró una dormancia primaria por lo cual la semilla no pudo germinar en los primeros meses,

esto origino una muy lenta germinación, además presentar una dormancia secundaria; al ser cultivada esta especie presentó una germinación irregular. En *Lippia graveolens* Kunth, la diferencia en viabilidad de los dos tipos de semilla indicó un grado de dormancia en las semillas claras por lo que en este tipo de semillas es necesario utilizar promotores de germinación como Acido giberélico (AG<sub>3</sub>) para tener una germinación uniforme, puedan tolerar la temperatura al ser cultivadas en lugares donde la temperatura puede ser muy alta o donde se sometan a condiciones de estrés (Kazemi, 2014; Guang-Long *et al.*, 2015; Honda *et al.*, 2016). Otro promotor que puede evaluarse en este tipo de semilla puede ser el Ácido abscisico (ABA) ya que este promotor se encarga de características de desarrollo, crecimiento de las plantas y todo lo que llegue a estresar a la planta siendo la “hormona del estrés” (Zhang, 2014). En semillas de orégano no es conveniente usar el Ácido Salicílico (SA), porque Benavides-Mendoza, *et al.*, (2004) y Rodríguez-Larramendi *et al.*, (2017) refieren que este regulador vegetal presenta un efecto inhibitorio sobre la germinación en algunas hortalizas sobre todo si se incrementan las concentraciones y periodos de imbibición.

En especies nativas de zonas áridas Langlé-Argüello *et al.*, (2017) refieren que la capacidad germinativa puede ser afectada por el tamaño, grado de maduración de la semilla y factores ambientales (precipitación, temperatura, radiación solar y disponibilidad de agua), que influyeron en la planta madre y en la calidad de semillas que se producen, efecto que también se presentó con las semillas de orégano donde la maduración de la semilla influyó en su viabilidad.

Esta prueba permitió determinar el estado fisiológico de la semilla y determinar el potencial de viabilidad que tuvo la semilla con diferente tonalidad, así como su grado de posibilidad para su germinación. Estos resultados indican que la semilla clara tiene menor madurez fisiológica que la semilla oscura, factor importante a considerar cuando se colecte semilla en campo; así mismo se requiere aplicar la tecnología de semillas propuesta por el ISTA (ISTA, 2016) para el beneficio de la semilla.

Cuadro 5. Estadística descriptiva de Prueba de tetrazolio en semillas claras y oscuras

Semillas		Min	Max	Media	Mediana	DS	EE	IC	CV
Clara	Viables	20	30	24.67	24	5.03	0.41	0.81	20.40
	No viables	70	80	75.33	76	5.03	0.41	0.81	6.68
Oscuras	Viables	70	96	80.67	76	13.61	1.11	2.18	16.88
	No viables	4	30	19.33	24	13.61	1.11	2.18	4.40E-14

DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza y CV= Coeficiente de variación.

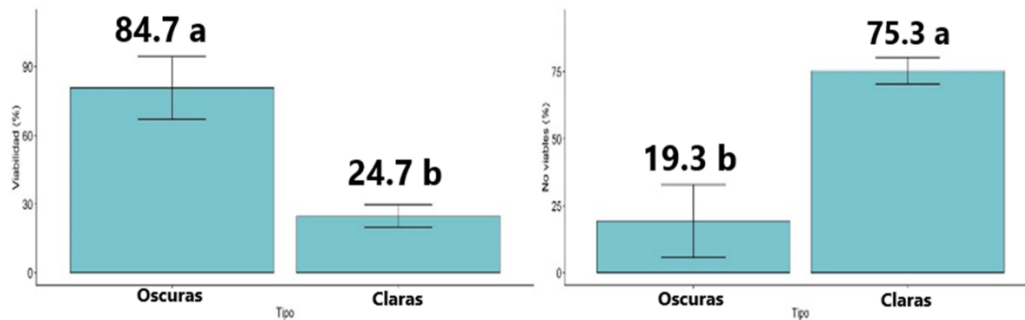


Figura 10. Viabilidad de la semilla de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) a) Viables; b) No viables

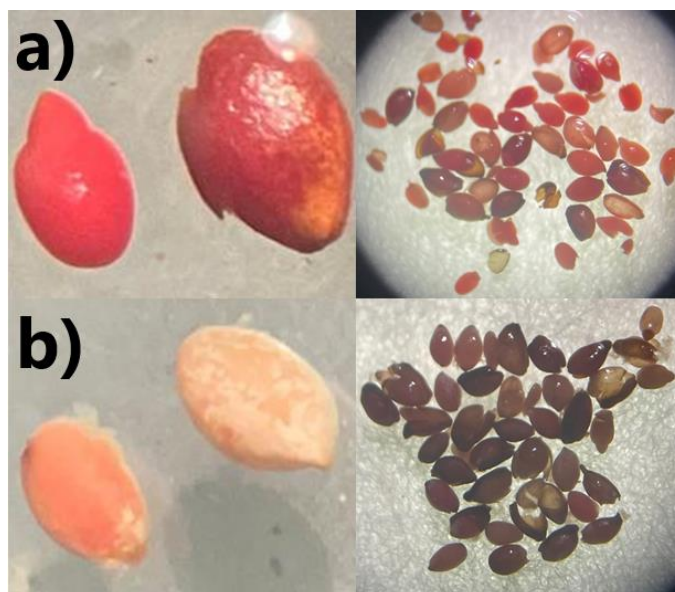


Figura 11 Viabilidad de semillas de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) por tipo de semilla. a) Semilla oscura; b) Semilla clara.

### 6.3.2. Días después de siembra (dds)

En la evaluación realizada cada siete días se determinó que a un 95% de confianza, los datos tienen distribución normal; la prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) no rechaza la  $H_0$  y muestra que las varianzas de los días de emergencia (dde) no son significativamente diferentes; con un CV menor a 13% demostrando la confiabilidad de los datos en relación con la media; con un  $R^2$  de hasta 0.95 que indica que el modelo se ajusta y que los residuales tienen una distribución normal ( $p = 0.9581$ ) (Cuadro 7).

Cuadro 6. Análisis paramétrico de los días después de siembra (dds); prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación (CV) y coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

Variable	Prueba de Normalidad	Homogeneidad de varianzas	Independencia de errores	CV	$R^2$
----------	----------------------	---------------------------	--------------------------	----	-------

	<b>W</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Valor-p</b>	<b>Valor-p</b>		
D7	0.9684	0.8347	0.5234	0.4886	11.60	0.77
D14	0.9096	0.1338	0.4913	0.1894	11.49	0.85
D21	0.9828	0.9854	0.4341	0.9302	13.35	0.88
D28	0.9719	0.8856	0.2968	0.7729	13.47	0.87
D35	0.9585	0.6665	0.1344	0.4286	9.98	0.93
D42	0.9784	0.9581	0.0990	0.8256	8.20	0.95

D7= semana 1; D14= semana2; D21= semana 3; D28= semana 4; D35= semana 5; D42= semana 6; CV= Coeficiente de variación; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación.

El ANOVA registró diferencias significativas ( $p= 0.005195$ ) entre los dde a partir del 21 al 42 dde (Cuadro Anexo 18) existiendo diferencias en la prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

Tomando en consideración que el proceso de germinación de orégano se inicia con la reanudación de la actividad enzimática bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, lo cual promueve una aceleración en la división y elongación celular hasta que finalmente emerge el embrión a través de la cubierta de la semilla proceso que se puede evaluar en los dds.

Los dds se refieren a los días transcurridos desde la siembra de la semilla, en orégano se consideró como semilla germinada, cuando ésta presentaba un crecimiento de la raíz principal, con plántulas con las primeras hojas cotiledonares que podían apreciarse en la superficie del sustrato.

En orégano la germinación se presenta a partir de los 7 dds con una germinación de 18.9% hasta 25.1%. A los 14 dds la germinación puede alcanzar de 37.1% hasta 56.4% sin existir diferencias entre los tratamientos evaluados. A los 21 dds la emergencia de las plántulas va de 41.8% hasta 73.3%; a los 28 dds la emergencia

se mantiene de 44.4% hasta 77.6%; 35 a los dds la emergencia de las plántulas va de 46.7 a 82.2% (Figura 12); mientras que a los 42 dds se obtiene una emergencia de 48.7% hasta 84% (Figura 15; Cuadro 6).

	Min	Max	Media	Mediana	DS	EE	IC	CV
D7	16.67	28.670	21.957	21.330	3.269	0.267	0.523	11.60
D14	34.67	64.670	47.111	47.330	8.176	0.668	1.308	11.49
D21	37.33	86.00	55.600	54.670	12.395	1.012	1.984	13.35
D28	38.00	91.330	58.888	56.670	13.035	1.064	2.086	13.47
D35	43.33	91.330	60.887	57.330	13.187	1.077	2.110	9.98
D42	46.00	92.670	63.245	60.000	12.916	1.055	2.067	8.20

Cuadro 7. Estadística descriptiva de los días de siembra (dds). DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza y CV= Coeficiente de variación de germinación de semillas de *Lippia graveolens* Kunth.



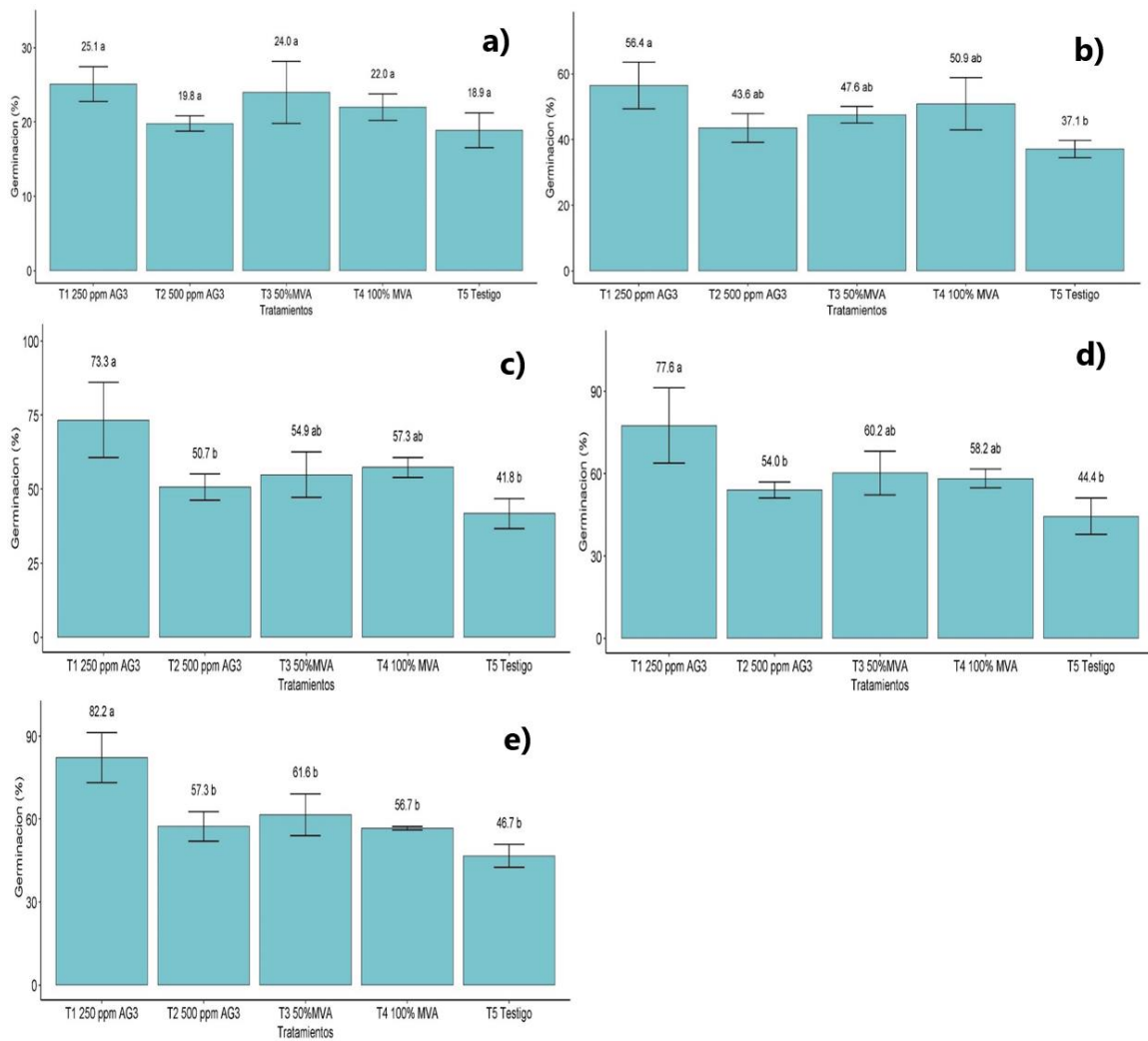


Figura 12. Prueba de Tukey para germinación de semillas de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) a) A los 7 dds; b) A los 14 dds; c) A los 21 dds; d) A los 28 dds; e) A los 35 dds.

La evaluación de dds permite conocer la rapidez de la germinación y determinar la uniformidad de la emergencia; ambas consideraciones deben de tomarse en cuenta para establecer el rendimiento potencial que tiene la semilla en el ciclo de producción.

El resultado fue similar al caso de la caléndula o margarita (*Calendula officinalis*), que a los 35 días logra superar los 85% de su germinación, un 3 % más que el orégano, el mismo caso con la alcachofa (*Cynara scolymus*) que tiene un porcentaje

de germinación de 85% y el diente de león (*Taraxacum officinale*) con un 90% según lo reportado por Castro-Restrepo *et al.*, (2013). Los resultados de este estudio superan a los obtenidos por Gonzales Nieves *et al* (2010), con su mejor tratamiento (250 ppm de AG<sub>3</sub> con 12 hrs de remojo), donde a los 25 dds registro solo un 47 % de germinación; sin embargo, en este estudio a los 21 dds se logro una gerinacion mayor (73.3 %).

En orégano el 50% de germinación se puede alcanzar a los 14 dds si se utiliza algún tratamiento pregerminativo; de no ser así la germinación a los 42 dds sería menor al 46.7 % (Figura 10) efecto que en un esquema de producción de planta a escala comercial no sería rentable por la baja germinación de las semillas. Ya que para que esta tenga éxito se debe tener en cuenta varios factores como el sustrato o el medio aplicado para su crecimiento y la nutrición (Gaytán-Ruelas *et al.*, 2016). El no aplicar un tratamiento pregerminativo, implicaría una baja produccion de plantas y desperdicio de semillas que en consecuencia puede tener impacto en los costos de produccion. Además la semilla que es la fuente de regeneración natural del oregano es escaza debido a que la recolección de la planta se hace en la época de floración por lo que es necesario cuidar el germoplasma para optimizar la produccion de planta y garantizar el establecimiento de plantaciones.

En el noreste de Mexico se requiere establecer plantaciones comerciales de oregano debido a la alta demanda del producto, por lo que el establecimiento de plantaciones puede tener un impacto social en más de 18 comunidades ejidales de Coahuila y 16 comunidades de Durango (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2007), donde el recolectar oregano tiene un gran impacto social para el sector rural y es una fuente de empleo en estas áreas de alta marginación (Rionda *et al.*, 2006).

### 6.3.3. Efecto de los tratamientos en la germinación.

En la prueba de Tukey se observa que a los 7 dds todos los tratamientos son estadísticamente iguales; sin embargo, el T1 (250 ppm de AG<sub>3</sub>) registró la mayor

germinación (25.1 %) (Figura 12a y Figura 13a). A los 14 dds nuevamente el T1 superó al resto de los tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo (agua destilada) del 19.3 %. Al aumentar la dosis de ácido giberélico la germinación es estadísticamente igual que los tratamientos con micorriza T3 (50 % MVA y T4 100 % MVA) (Figura 13b y Figura 14b); sin embargo, a los 21 dds el tratamiento T4 registró una germinación superior al tratamiento T3 donde se aplicó la mitad de micorriza. A los 28 dds y 35 dds el efecto de las micorrizas solo se presentó con el T3 donde se alcanzó la mayor germinación promedio (61.6 %) (Figura 13c y Figura 14c).

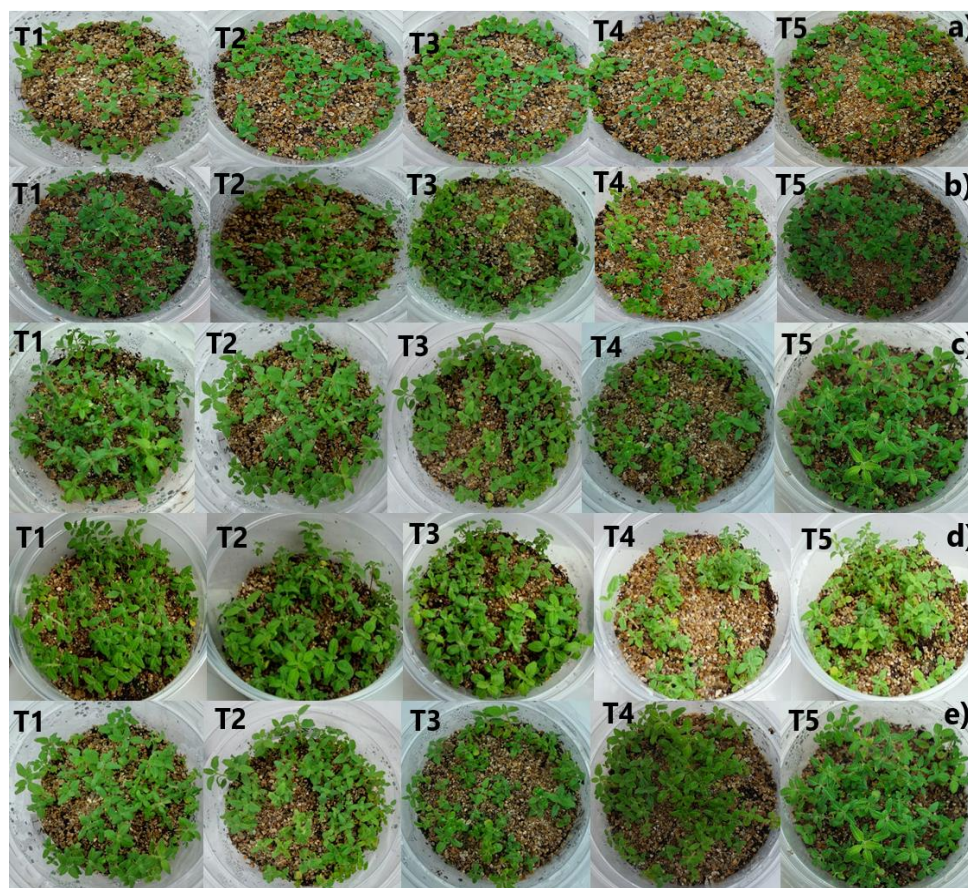


Figura 13. Germinación de los 7 dds a 35 dds; a) A los 7 dds; b) A los 14 dds; c) A los 21 dds; d) A los 28 dds; e) A los 35 dds.

#### 6.3.4. Germinación

El proceso de germinación se desencadena como consecuencia de la absorción de agua a través de la cubierta de la semilla, a dicha etapa se le llama imbibición, durante la cual la semilla absorbe un 30 % de su peso seco en agua antes de comenzar a germinar. Una absorción menor a la indicada puede ocasionar que se detenga o retrase el proceso germinativo a causa de un secado rápido de la zona en donde se encuentra la semilla.

A los 42 dds se hizo la evaluación final de la germinación; se determinó los datos tienen distribución normal (Shapiro-wilk), ( $p= 0.9581$ ); prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) ( $p= 0.099$ ); la prueba de independencia de errores (Durbin-Watson) ( $p=0.8256$ ) y se rechaza la  $H_0$  donde no existe diferencia entre los tratamientos pregerminativos evaluados. Con un coeficiente de variación de 8.2 % que indica que existe homogeneidad de varianza en relación con la media, porque los datos son menores al 30 %; con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.95 que indica que el modelo se ajusta y que los residuales tienen una distribución normal (Cuadro 6).

A los 42 dds en el ANOVA se registraron diferencias significativas ( $p= 0.000110$ ) entre los tratamientos evaluados (Cuadro Anexo 18); la prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), indicó que el T1 (250 ppm de  $AG_3$ ) registró una germinación promedio de 84 % superando al resto de los tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 35.3 %; este último tratamiento resultó el menos efectivo (Figura 14).

En este estudio el efecto que tuvo el testigo T5 (agua destilada), coincide con los resultados de González Nieves *et al.*, 2010, en *Lippia graveolens* HBK, donde se evaluaron diferentes tiempos de remojo de 12 y 24 h a diferentes temperaturas, encontrando un resultado similar al tratamiento T5 de este estudio.

El uso de tratamientos pregerminativos como el ácido giberèlico se ha aplicado en otras plantas aromáticas como; *Lippia graveolens* HBK (Gonzalez Nieves *et al.*,

2010), *Lippia palmeri* (Wats) (Borboa-Flores *et al.*, 2016) y *Ocimum gratissimum* L. (Fuentes *et al.*, 2014) demostrando que es posible mejorar la germinación con aplicaciones exógenas de ácido giberélico en concentraciones de 200 ppm a 500 ppm; en este estudio el mejor resultado se obtuvo con 250 ppm (Figura 13 a y b).

Las giberelinas son hormonas que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Richards *et al.*, 2001); puede romper la latencia de las semillas, promover el crecimiento de las yemas vegetativas y estimular el crecimiento de los entrenudos (Sun y gubler, 2004; Chao *et al.*, 2007). Además de remplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura (Araya *et al.*, 2000),

En este estudio, el aumentar la dosis de ácido giberélico no incrementó el porcentaje de germinación; este mismo efecto se reportó con *Lippia palmeri* (Watson), donde al aumentar la dosis a 300 ppm de AG<sub>3</sub> el porcentaje de germinación fue del 60 % en semillas colectadas de la Región del Puerto del Oregano (Sonora) (Borboa-Flores *et al.*, 2016); mientras que en dosis bajas de 100 ppm de AG<sub>3</sub> se obtuvo más del 80% de germinación.

En el caso de Chile chiltepin (*Capsicum annum* L. variedad *glabriusculum*) con una concentración de 400 ppm los resultados de Araiza Lizarde *et al.*, (2011) reportan un 97 % de germinación; resultado opuesto al obtenido por Hernández (2004), donde con 500 ppm se obtuvo una germinación menor 45,43 %. Este mismo efecto se obtuvo con orégano en donde al aumentar la dosis de AG<sub>3</sub> a 500 ppm el porcentaje de germinación disminuye (Figura 15). Otro efecto similar se obtuvo con semillas de albahaca (*Ocimum*) donde con 250 ppm de AG<sub>3</sub> se registró una germinación de 22.8 % y al duplicar la dosis la germinación disminuyó a 15.4 % (Durán Gaviria *et al.*, 2016).

En este estudio la germinación de orégano con el tratamiento T1 (250 ppm de AG<sub>3</sub>) superó a reportada por Torres-Morán *et al.*, (2019) (33 %). Esta fitohormona actuó como modulador del estímulo ambiental (luz y temperatura); la dosis influyó en la

división y elongación celular, así como la síntesis de  $\alpha$ -amilasas y enzimas hidrolíticas en la capa de aleurona (Ho *et al.*, 2003).

La inoculación de micorriza de los tratamientos T3 y T4 contribuyó con la reducción de la resistencia mecánica de la testa (Reyes Tena *et al.* 2016) y con la producción de fitohormonas como giberelinas y ácido indolacético en la semilla (Alcántara-Cortes *et al.* 2019), lo que pudo estimular la germinación. Así mismo, la inoculación permitió que las hifas del hongo incrementaran la absorción de agua y nutrientes (Dalling *et al.*, 2011); sin embargo, la germinación máxima que se obtuvo fue de 64.4 % con el tratamiento T3 en donde se aplicó una riqueza fúngica de 23 esporas  $g^{-1}$  de suelo (Figura 13 c y d).

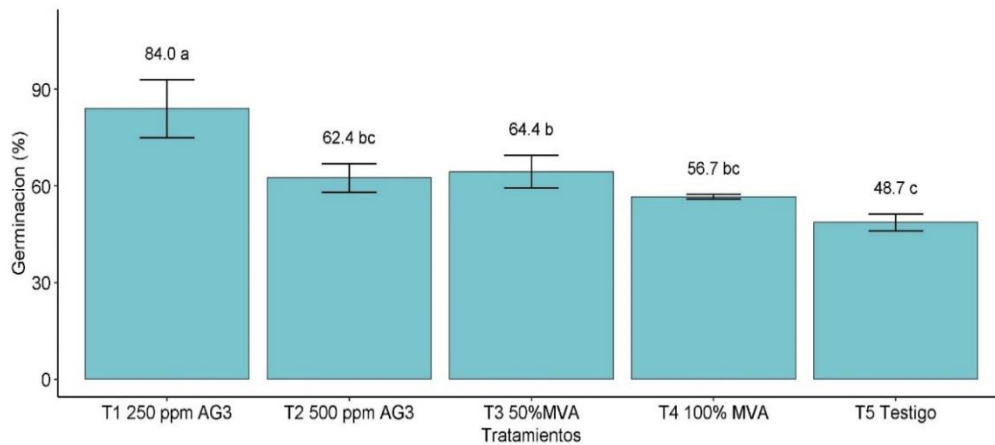


Figura 14. Prueba de Tukey para germinación a los 42 dds en semillas de *Lippia graveolens* Kunth.

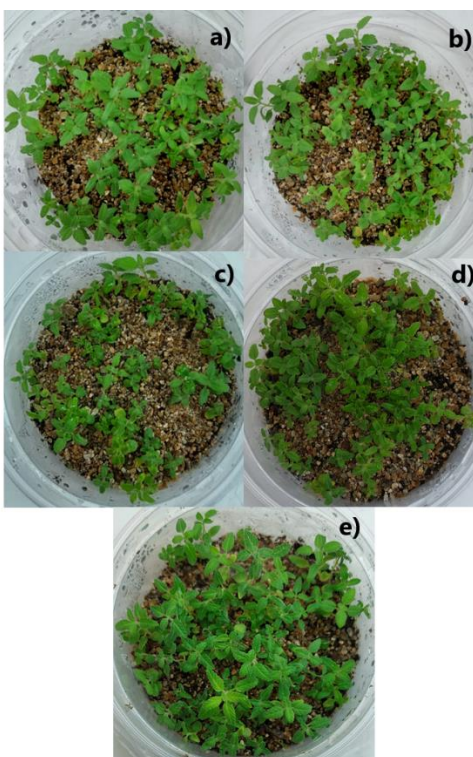


Figura 15. Germinación a los 42 dds; a) T1 (250 ppm de Ácido Giberélico ( $AG_3$ ); b) T2 (500 ppm Ácido Giberélico ( $AG_3$ ); c) T3 (50% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas  $g^{-1}$  de suelo); d) T4 (100% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo); T5 testigo (Agua destilada).

#### 6.4. Ensayo 4. Crecimiento de plántulas de orégano a los 45 dds con fitohormonas e inoculación de micorrizas

En el análisis estadístico solo la variable longitud radicular ( $L_r$ ) se ajustó a las pruebas de normalidad (Cuadro 8) de Shapiro-wilk, ( $p= 0.7016$ ); prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) ( $p= 0.3346$ ); prueba de independencia de errores (Durbin-Watson) ( $p=0.5765$ ) y se rechaza la  $H_0$  donde no existe diferencia entre los tratamientos pregerminativos en el crecimiento de las plántulas. Este análisis presentó un coeficiente de variación de 7.54 % que indica una homogeneidad de varianza en relación con la media, porque los datos son menores

al 30 %; con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.92 mostrando que el modelo se ajustó y que los residuales tienen una distribución normal (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación y coeficiente de determinación para datos de crecimiento de plántulas.

Variable	Prueba de Normalidad		Homogeneidad de varianzas	Independencia de errores	Residuales	CV	$R^2$
	W	Valor-p	Valor-p	Valor-p	Valor-p		
Lr	0.9605	0.7016	0.3346	0.5765	0.7017	7.54	0.92
Af	0.894	0.0771	0.0731	0.0488	0.0794	10.66	0.91
Ne	0.9621	0.7289	2.06E-23	0.9652	0.7289	12.61	0.90
Nh	0.9554	0.6131	3.03E-22	0.2308	0.6131	6.79	0.97

Lr= Longitud radicular; Af= Altura foliar; Ne= número de entrenudos; Nh= número de hojas. CV= Coeficiente de variación;  $R^2$ = Coeficiente de determinación.

En el caso de la variable Altura foliar (Af) los datos no se ajustaron en la prueba de independencia de errores ( $p=0.0488$ ) indicando una autocorrelación de los residuales del modelo; mientras que con las variables número de entrenudos (Ne) y número de hojas (Nh) los datos no se ajustaron en la prueba de homogeneidad de varianzas (Cuadro 8), indicando que las varianzas de los grupos no son iguales. Para no hacer conclusiones erróneas sobre la significancia de estas variables se realizó la transformación Box-Cox se elevaron los datos de las variables de At a 0.6524; Ne a 1.7837 y Nh a 2.9203; y al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis como alternativa del ANOVA y una comparación de medias LSD (Least significant difference), la cual permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA (Cuadro 19 Anexo).



#### 6.4.1. Longitud radicular (Lr)

A los 45 dds la Lr de las plantas de orégano va de 1.53 a 2.64 cm (Cuadro 9).

<b>Variable</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>	<b>EE</b>	<b>IC</b>	<b>CV</b>
Lr	1.53	2.64	2.135	2.21	0.3279	0.0268	0.0525	7.54
Af	1.6	3.62	2.433	2.47	0.5022	0.0410	0.0804	10.66
Ne	2	4.4	3.189	3.3	0.7199	0.0588	0.1152	12.61
Nh	4	8	6.259	6.8	1.2887	0.1052	0.2062	6.79

Cuadro 9. Estadística descriptiva de crecimiento de plántulas; Lr= Longitud radicular; At= Altura foliar; Ne= número de entrenudos; Nh= número de hojas; DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación.

El ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 0.00078$ ) (Cuadro 19 Anexo) y en la prueba de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) se determinó que el T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo) registró en promedio una Lr de 2.52 cm, superando al resto de tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 0.87 cm (Figura 16a). Con la dosis del T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas  $g^{-1}$  de suelo) la Lr disminuye, esto muestra que la dosis influye en el crecimiento radicular de las plantas de orégano, este mismo efecto se presentó con *Cucumis sativus* L. donde al aumentar las esporas de micorrizas se incrementó la longitud radicular (Haghighi *et al.*, 2017).

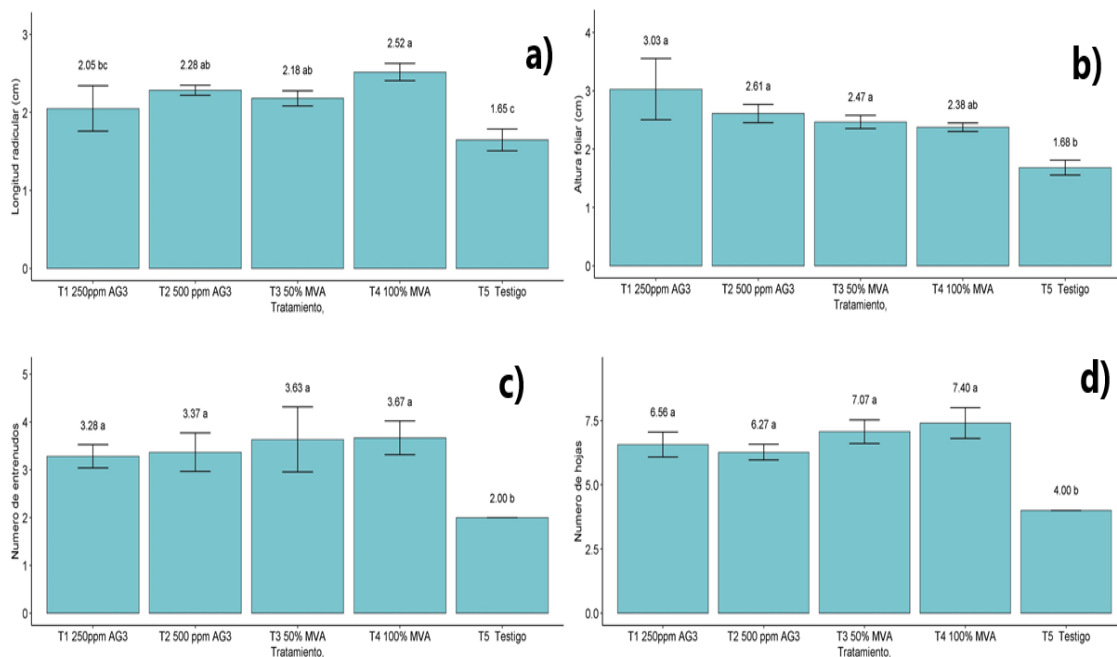


Figura 16. Prueba de Tukey y LSD para crecimiento de plántulas a los 45 dde; a) longitud radicular (Lr); b) altura foliar (At); c) Número de entrenudos (Ne); d) Número de hojas (Nh).

El efecto del T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo) en la Lr de orégano coincide con lo reportado por Gosling *et al.*, (2006), Franken *et al.*, (2007), Akhtar y Siddiqui, (2008) y Kapoor *et al.*, (2008) quienes refieren que la inoculación de micorrizas produce efectos hormonales sobre las raíces, lo cual facilita su desarrollo y un mejor funcionamiento fisiológico de éstas al aumentar la ramificación y crecimiento radicular, ya que las micorrizas se concentran directamente en la raíz, demostrando un efecto benéfico de la asociación simbiótica entre los hongos micorrizicos arbusculares (AMF) y las plantas.

El efecto del T4 coincide con lo reportado por González y Fuentes (2017) quienes mencionan que los microorganismos favorecen la producción de auxinas, lo cual incrementa la longitud de las raíces. Una función de estos microorganismos es la

estimulación del crecimiento de las plantas, a través de la síntesis o inducción de fitohormonas, como las auxinas o giberelinas (AG<sub>3</sub>) (Jiménez *et al.*, 2001).

Los tratamientos T2 (500 ppm de AG<sub>3</sub>) y T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) fueron estadísticamente iguales con una media de 2.28 cm y 2.12 cm respectivamente; mientras que la concentración del T1 (250 ppm de AG<sub>3</sub>) registró el menor promedio de los tratamientos evaluados con AG<sub>3</sub> (Figura 16a).

El uso del AG<sub>3</sub> no tuvo un efecto significativo en la Lr de la planta de orégano; sin embargo, el T2 (500 ppm de AG<sub>3</sub>) registró una mayor Lr que el T1 (250 ppm de AG<sub>3</sub>) con un promedio de 2.28 cm y 2.05 cm respectivamente. Este resultado contradice a Coello *et al.*, (2010), donde con la orquídea *Guarianthe skinneri* (Bateman) una baja concentración de AG<sub>3</sub> promueve el alargamiento de brotes y raíces. El AG<sub>3</sub> es mejor conocido por su función en el alargamiento axial de tallos, raíces e inflorescencias (De Masson, 2005).

#### 6.4.2. Altura Foliar (Af)

A los 45 dds la Af de las plantas de orégano va de 1.60 a 3.62 cm (Cuadro 9).

En análisis de Kruskal-Wallis registró diferencias altamente significativas ( $p_{\text{chisq}} = 0.00127$ ) (Cuadro 19 Anexo) y en la comparación de medias LSD (Least significant difference) ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que el T1 (250 ppm de AG<sub>3</sub>) registró en promedio un Af de 2.05 cm superando al resto de tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 0.66 cm (Figura 16c; Figura 17 a); al aumentar la dosis de AG<sub>3</sub> el efecto en la Af es menor (1.86mm); sin embargo, los tratamientos con fitohormonas registraron mayor respuesta que los tratamientos con micorrizas.

Este efecto es similar al reportado por González Nieves *et al.*, (2010), con la misma especie de orégano, donde con 250 ppm AG<sub>3</sub> se obtuvo una At de 2.9 cm a los 110

dds, comprobando que el AG<sub>3</sub> induce el alargamiento axial del tallo como lo refiere De Masson, (2005).

Al comparar el efecto de las micorrizas de los tratamientos T3 y T4, ambos fueron estadísticamente iguales; sin embargo, el mayor efecto en Af se obtuvo con el T3 (50% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) con una At de 1.80 cm (Figura 16 c; Figuras 17 c y d).

#### 6.4.3. Número de entrenudos (Ne)

A los 45 dds el Ne de las plantas de orégano va de 2 a 4.4 entrenudos por planta (Cuadro 9). En análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) registró diferencias altamente significativas ( $p.\text{chisq}=0.00270$ ) (Cuadro 19 Anexo) y en la comparación de medias LSD (Least significant difference) se determinó que aunque los tratamientos con ácido giberélico y micorrizas fueron estadísticamente iguales; el T4 (100% de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) y T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas g<sup>-1</sup> de suelo) generaron mayor cantidad de entrenudos en las plantas con un Ne de 3.67 y 3.63 respectivamente y una diferencia con respecto al testigo de Ne 1.67 (Figura 16c; Figuras 17 c y d).

Aunque los tratamientos con fitohormona (AG<sub>3</sub>) fueron estadísticamente iguales, la mayor cantidad de Ne se obtuvo cuando se aplicó mayor dosis de fitohormona; con el T2 (500 ppm de AG<sub>3</sub>) se registró un Ne de 3.37 con una ligera diferencia con respecto al T1 (250 ppm de AG<sub>3</sub>) (Figura 16c; Figuras 17 a y b).

#### 6.4.4. Número de hojas (Nh)

A los 45 dds el Nh de las plantas de orégano va de 4 a 8 hojas por planta (Cuadro 9). En análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) registró diferencias altamente significativas ( $p.\text{chisq} = 1.59e^{-05}$ ) (Cuadro 19 Anexo) y en la comparación de medias

LSD (Least significant difference) se determinó que aunque los tratamientos con ácido giberèlico y micorrizas fueron estadísticamente iguales, el T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo) y T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas  $g^{-1}$  de suelo) generaron mayor cantidad de hojas en las plantas con un Nh de 7.40 y 7.07 respectivamente con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) de Ne 3.4 (Figura 16d). Este resultado muestra que las micorrizas al centrarse en la raíz, permiten la absorción de nutrientes lo cual beneficia al crecimiento y desarrollo de la planta (Sturz y Christie, 2003).

Aunque los tratamientos con fitohormona ( $AG_3$ ) fueron estadísticamente iguales, la mayor cantidad de Nh se obtuvo con el T1 (250 ppm de  $AG_3$ ) con un Nh 6.56 hojas por planta; al incrementar la dosis el Nh disminuye (Figura 16 d).

En resumen, a los 45 dds el crecimiento foliar de orégano se promueve principalmente con el T1 (250 ppm de  $AG_3$ ) con una Af de 3.03 cm; mientras que su Ne de 3.28, Nh de 6.56 y Lr 2.05 fue menor al obtenido con T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo) donde su Ne de 3.67, Nh de 7.40 y Lr 2.52 cm fue mayor.

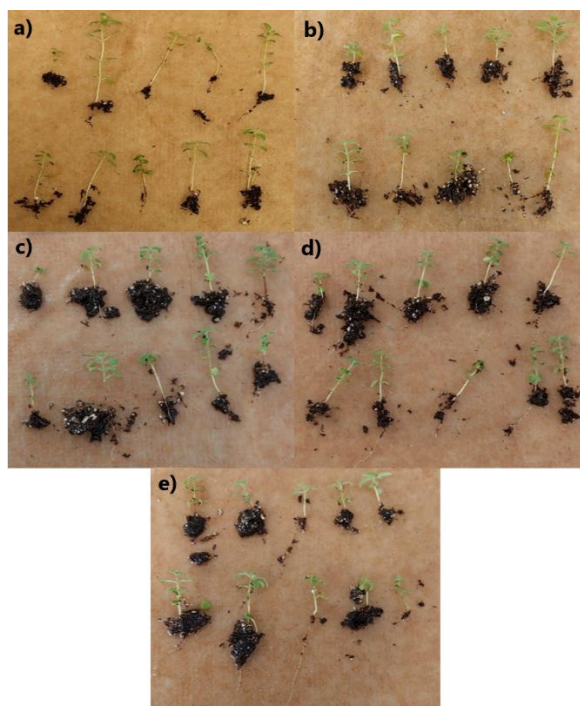


Figura 17. Crecimiento de plántulas a los 45 dds; a) T1 (250 ppm de Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>); b) T2 (500 ppm Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>); c) T3 (50 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 23 esporas g<sup>-1</sup> de suelo); d) T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas g<sup>-1</sup> de suelo); T5 testigo (Agua destilada).

#### 6.5. Ensayo 5. Efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner en etapa 1 de crecimiento vegetativo de orégano.

Las variables de Af, Ne y Nh, pasaron las pruebas de normalidad (Shapiro-wilk); prueba de homogeneidad de varianzas (Bartlett) y prueba de independencia de errores (Durbin-Watson); con un CV menor a 15.46 % demostrando la confiabilidad de los datos en relación con la media; y un R<sup>2</sup> de hasta 0.98 que indica que el modelo se ajusta y que tienen una distribución normal (Cuadro 10). Con este análisis se rechaza la H<sub>0</sub> donde no existe diferencia entre las concentraciones de la solución nutritiva Steiner en el crecimiento de las plántulas de orégano (Cuadro 10).

Cuadro 10. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación y coeficiente de determinación para datos de crecimiento vegetativo.

Variable	Prueba de Normalidad		Homogeneidad de varianzas	Independencia de errores	CV	R <sup>2</sup>
	W	Valor-p	Valor-p	Valor-p		
Lr	0.883	0.0527	0.7716	0.288	15.46	0.94
Af	0.9378	0.3555	0.4621	0.6704	4.27	0.98
Dc	0.8529	0.0191	0.0012	0.0826	7.53	0.95
Ne	0.9695	0.8516	0.5608	0.239	6.72	0.98
Nh	0.9341	0.3144	0.5158	0.0883	7.86	0.97

Lr= Longitud radicular; At= Altura foliar; Dc= Diámetro de cobertura; Ne= número de entrenudos; Nh= número de hojas; CV= Coeficiente de Variación; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación.

Además, se usó la transformación Box-Cox y al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis como alternativa del ANOVA. Se realizó una comparación de medias LSD (Least significant difference) la cual permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

#### 6.5.1. Altura Foliar (Af)

A los 168 ddt (Días después del trasplante) la Af de las plantas de orégano registraron un valor mínimo de 6.50 cm y máximo de 11.92 cm (Cuadro 11).

Cuadro 11. Estadística descriptiva del desarrollo vegetativo en plántulas de *Lippia graveolens* Kunth

	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>	<b>EE</b>	<b>IC</b>	<b>CV</b>
Lr	7.00	13.00	8.94	8.20	1.822	0.149	0.292	15.46
Af	6.50	11.92	9.65	10.21	1.718	0.140	0.275	4.27
Dc	3.23	5.92	4.66	4.53	0.851	0.069	0.136	7.53
Ne	4.33	9.11	6.28	6.00	1.621	0.132	0.259	6.72
Nh	8.67	18.22	12.49	12.00	3.026	0.247	0.484	7.86

Lr = Longitud radicular; Af= Altura foliar; Dc= Diámetro de cobertura; Ne= Número de entrenudos; Nh= Número de hojas; DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación.

El ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 6.78e^{-07}$ ) (Cuadro 20 Anexo) entre tratamientos y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que el T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner), superó al resto de los tratamientos evaluados con una Af de 11.81 cm y una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 4.82 cm (Figura 18b). Este efecto coincide con Magdaleno-Villar *et al.*, (2006), donde con la misma concentración de solución Steiner (25 % en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), se obtuvo a los 22 dds (días después de la siembra), una altura de 7.3 cm y al aumentar más la concentración la altura de la planta no se incrementó.



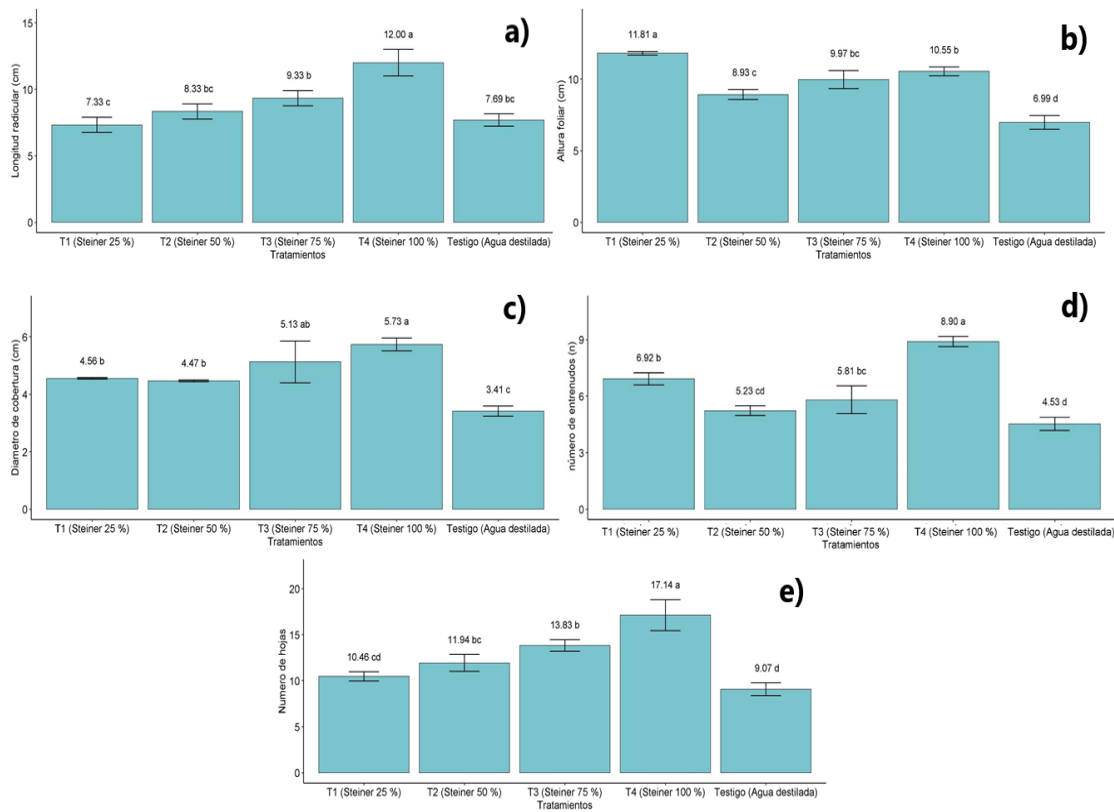


Figura 18. Prueba de Tukey y LSD para crecimiento vegetativo: a) Longitud radicular (Lr); b) Altura foliar (At); c) Diámetro de cobertura (Dc); d) Número de entrenudos (Ne); e) Número de hojas (Nh).

Los tratamientos a mayor concentración de solución Steiner; el T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) y T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) aunque fueron estadísticamente iguales, con una Af de 9.97 y 10.55 cm respectivamente, ambos superaron al testigo T5 (agua destilada) en 3.56 cm, pero registraron una Af menor a la obtenida con el T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) donde se aplicó una baja concentración de la solución nutritiva. Efecto que contradice al obtenido en otras plantas aromáticas como epazote (Aguilar-Carpio *et al.*, 2022) y cilantro (Cruz-Crespo *et al.*, 2017), donde al incrementar la dosis de solución nutritiva Steiner al 100 %, la altura foliar de la planta aumenta de 38.9 a 56.8 cm respectivamente, efecto que también se presentó en jitomate con la solución nutritiva Steiner al 100 % (Lascano-Bello *et al.*, 2022).

Estos resultados muestran que la reacción de las plantas al efecto de la concentración nutritiva depende de la especie.

#### 6.5.2. Número de entrenudos (Ne)

A los 168 ddt (Días después del trasplante) se registró un mínimo de Ne de 4.33 y máximo de 9.11 entrenudos por planta (Cuadro 11). El ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 1.54e^{-06}$ ) (Cuadro 20 Anexo) y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que el T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner), superó al resto de los tratamientos evaluados con una Ne de 8.90 entrenudos por planta cantidad que casi duplica al testigo T5 (agua destilada) con una Ne 4.53 entrenudos por planta (Figura 18b). Este tratamiento también ha sido efectivo crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat) donde el Ne aumenta hasta 38.13 nudos por planta (Bugarín *et al.*, 1998).

El resto de los tratamientos con la solución Steiner (T1, T2 y T3) aunque fueron estadísticamente diferentes entre sí y no muestran una tendencia, si reflejan que el Ne de las plantas de orégano puede incrementarse con una baja dosis de la solución nutritiva Steiner como con el T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) donde se pueden generar hasta 6.92 entrenudos por planta (Figura 18d) y demuestra que la aplicación de la solución nutritiva es necesaria en orégano.

#### 6.5.3. Número de hojas (Nh)

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Nh de las plantas de orégano registraron un valor mínimo de 8.67 hojas por planta y máximo de 18.22 hojas por planta (Cuadro 11). El ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 1.35e^{-05}$ ) (Cuadro 20 Anexo) y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que la aplicación de la solución nutritiva muestra una tendencia; el Nh aumenta al incrementar la dosis de solución nutritiva.

El tratamiento T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) (Figura 18e) registró en promedio un Nh de 17.14 hojas por planta, superando al resto de tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 8.07.

El Nh con el tratamiento T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) va de 10.46 hasta 17.14 hojas por planta con el T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) y aunque los tratamientos con la solución nutritiva fueron estadísticamente diferentes, si se muestra que el aumentar la dosis nutrimental se favorece el Nh en las plantas de orégano, efecto a considerar en un esquema de producción de planta.

El efecto de la solución nutritiva va a diferir de acuerdo a la especie, Steiner (1961) y Smith *et al.*, (1983) refieren que cuando se aplica la solución nutritiva en forma continua, las plantas pueden absorber iones a muy bajas concentraciones; sin embargo, es probable que, a una concentración demasiado baja, la demanda mínima de determinados nutrientes no sea cubierta. En el caso del orégano con una concentración baja (25 % de solución Nutritiva Steiner) se cubrió parcialmente la demanda de nutrimental en la planta y cuando se aplicó la solución nutritiva Steiner al 100 % el estatus de crecimiento y calidad fisiológica de la planta se incrementó efecto que se busca en la producción de planta y manejo del cultivo.

#### 6.5.4. Diámetro de cobertura (Dc)

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Dc de las plantas de orégano registró un valor mínimo de 3.23 cm y máximo de 5.92 cm (Cuadro 11). En análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) registró diferencias altamente significativas ( $p.chisq = 0.000141$ ) (Cuadro 20 Anexo). La comparación de medias LSD (Least significant difference) (Figura 17c) mostró que los tratamientos T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) y T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales con un Dc de 5.73 cm y 5.13 cm respectivamente, con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) de 2.32 cm. Ambos tratamientos superaron a los

demás tratamientos evaluados generando plantas de orégano con hojas más grandes y largas lo que aumentó su diámetro de cobertura.

Las concentraciones de los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) y T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner); fueron estadísticamente iguales, con un menor Dc de 4.56 cm y 4.47 cm respectivamente; valor muy cercano al testigo T5 (agua destilada), lo que muestra que la suficiencia nutrimental en las plantas de orégano se obtiene cuando se aplica mayor concentración de solución Steiner, efecto a considerar en la producción de planta de orégano en contenedor. Estos resultados son similares a los reportados por Mejía Pérez *et al.*, (2023) donde en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), también se utilizó una solución nutritiva Steiner al 100 %, generando plántulas con mayor diámetro (2.55 cm). En tomate (*Solanum lycopersicum* L) también se obtuvo la misma respuesta y el Dc de las plantas se incrementó a partir de las concentraciones de 75 % y 100 % de esta solución nutritiva (Díaz-Vázquez *et al.*, 2023).

#### 6.5.5. Longitud radicular (Lr)

A los 168 ddt (Días después del trasplante) la Lr de las plantas de orégano registraron un valor mínimo de 7 cm y máximo de 13 cm (Cuadro 11). El Análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) registró una diferencia altamente significativa entre tratamientos ( $p.chisq= 4.31E-05$ ). En la comparación de medias LSD (Least significant difference), se muestra una tendencia con esta variable; la Lr aumenta conforme se incrementa la concentración de la solución Steiner. Con la mayor concentración aplicada del tratamiento T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) se obtuvo una Lr de 12 cm la cual supera al resto de tratamientos evaluados con una diferencia de 4.31 cm con respecto al T5 testigo (agua destilada) (Figura 18a).

Los tratamientos T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) y T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales, generando plántulas con menor

Lr de 9.33 cm y 8.33 cm respectivamente. Un valor muy cercano al testigo T5 (agua destilada) se obtuvo con el T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner).

Estos resultados muestran que la Lr se incrementa al aumentar la concentración de Solución Nutritiva de Steiner, efecto que también se ha reportado en plántulas de jitomate donde al aumentar la concentración de solución Steiner al 100 % se obtuvo mayor crecimiento radicular en comparación con la concentración al 50 % (Lazcano-Bello *et al.*, 2022). Mismo efecto se determinó en tomate híbrido 'Imperial' tipo bola (Valenzuela-López *et al.*, 2014) donde la concentración de 50 % y 100 % de la solución Steiner registró mayor incremento en Lr en comparación con la solución nutritiva al 25 %, como también se presentó en las plántulas de orégano.

En resumen, a los 168 ddt, el tratamiento que más influyó en la altura foliar, es el T1 (25 % de Solución Nutritiva Steiner) porque registró un Af de 11.81 cm teniendo solo efecto en esta variable; ya que en su Ne obtuvo 9.92 entrenudos por planta, Nh de 10.45 hojas por planta, Lr de 7.33 cm y Dc de 4.56 cm, fueron menores a los del T4 (100 % de Solución Nutritiva Steiner) obteniendo en Ne de 8.90 de entrenudos por planta, Nh con un promedio de 17.14 hojas por planta, Dc, de 5.73 cm y un Lr de 12 cm.

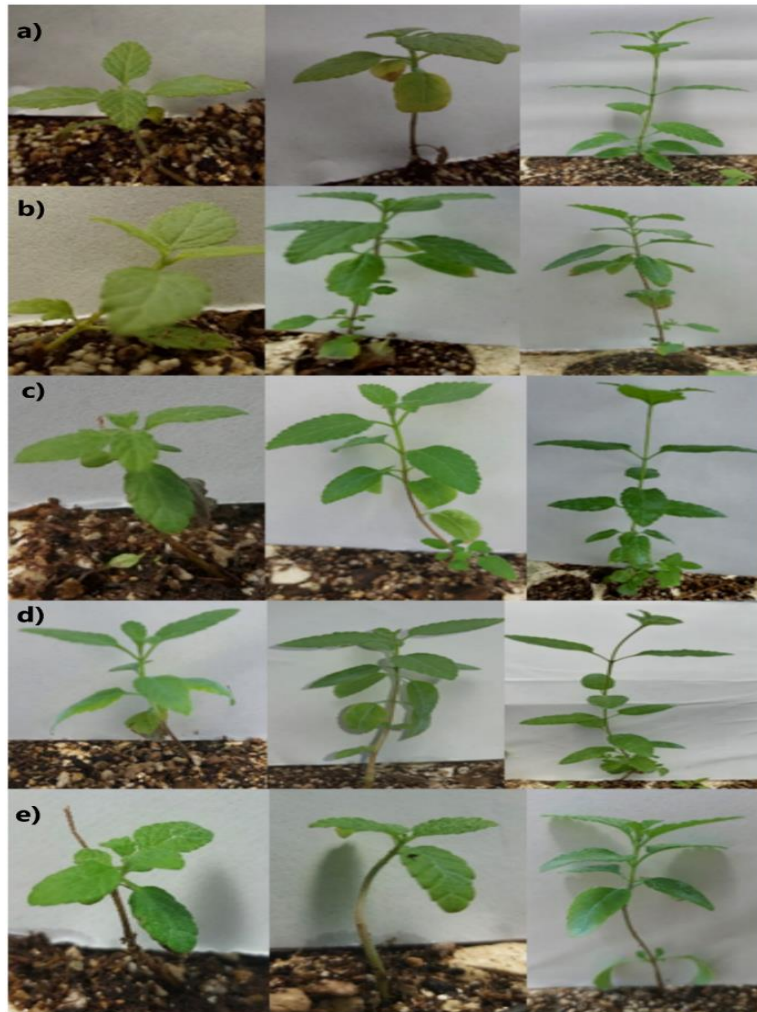


Figura 19. Crecimiento vegetativo a los 168 ddt con solución nutritiva Steiner; a) T1 (25% de Solución Nutritiva Steiner); b) T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner); c) T3 (75% de solución Nutritiva Steiner); d) T4 (100 % de Solución Nutritiva Steiner); e) T5 testigo (agua destilada).

#### 6.5.6. Peso fresco y peso seco

Las variables de Pfta y Psr pasaron las pruebas de normalidad (Shapiro-wilk), pruebas de homogeneidad de varianzas (Bartlett) y las pruebas de independencia de errores (Durbin-Watson) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianza, independencia de errores, coeficiente de variación y coeficiente de determinación para peso fresco y peso seco.

	Prueba de normalidad		Homogeneidad de varianza	Independencia de errores	CV	R <sup>2</sup>
	W	Valor-p	Valor-p	Valor-p		
Pfr	0.8045	0.0042	1	0.8057	0.79	1
Pfta	0.9244	0.2249	0.7701	0.9879	4.13	0.99
Pft	0.8451	0.0148	0.9964	0.9481	1.21	1
Psr	0.908	0.1263	0.5046	0.8125	13.73	0.94
Psta	0.8601	0.0242	0.9586	0.9233	2.72	0.95
Pst	0.8654	0.0289	0.9971	0.7927	4.69	0.92

Pfr= Peso fresco de raíz; Pfta= Peso fresco del tallo; Pft= Peso fresco total; Psr= Peso seco de raíz; Psta= Peso seco del tallo; Pst= Peso seco total; CV= Coeficiente de variación; R<sup>2</sup>= Coeficiente de deternacion.

Con el resto de variables; Peso fresco de raíz (Pfr), Peso fresco total (Pft), Peso seco del tallo (Psta) y Peso seco total (Pst), los datos no se ajustaron a la prueba de normalidad, pero si se ajustaron a la prueba de Homogeneidad de varianza e Independencia de errores (Cuadro 12), por lo que se hizo necesario realizar una transformación Box-Cox elevando las variables de Pfr a 0.1980, Pft a 1.9334, Psta a 3.2083 y Pst 2.9956. Con un CV menor a 13.73 demostrando la confiabilidad de los datos en relación con la media y un R<sup>2</sup> de hasta 1 que indica que el modelo se ajusta (Cuadro 12). Al no ajustarse los datos se hizo una prueba de Kruskal-Wallis como alternativa del ANOVA y una comparación de medias LSD (Least significant difference) para determinar la diferencia entre tratamientos.

### 6.5.7. Peso fresco de raíz (Pfr).

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Pfr de las plantas de orégano tuvieron un valor mínimo de 0.11 g y máximo de 0.1510 g (Cuadro 13).

Cuadro 13. Estadística descriptiva para Peso fresco y Peso seco de las plántulas de *Lippia graveolens* Kunth.

	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>	<b>EE</b>	<b>IC</b>	<b>CV</b>
Pfr	0.11	0.151	0.1266	0.129	0.017	0.0014	0.00275	1.21
Pfta	0.02	0.039	0.0313	0.035	0.008	0.00065	0.00128	4.13
Pft	0.12	0.189	0.1579	0.164	0.022	0.00178	0.003	0.79
Psr	0.004	0.015	0.0108	0.011	0.003	0.00028	0.00055	2.72
Psta	0.03	0.038	0.0343	0.035	0.002	0.00019	0.00037	13.73
Pst	0.04	0.051	0.0451	0.046	0.004	0.00034	0.00067	4.69

Pft= Peso fresco total; Pfta= Peso fresco del tallo; Pfr= Peso fresco de raíz; Psta= Peso seco de tallo; Psr= Peso seco de raíz; Pst= Peso seco total; DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación.

En el análisis de Kruskal-Wallis registró diferencias significativas ( $p_{\text{chisq}}=0.0095515$ ) (Cuadro 21 Anexo) y en la comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) determinó que el T4 (100% de solución Nutritiva Steiner), superó al resto de los tratamientos evaluados con una Pfr de 0.150 g con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) con una Pfr de 0.043 g (Figura 20 a).



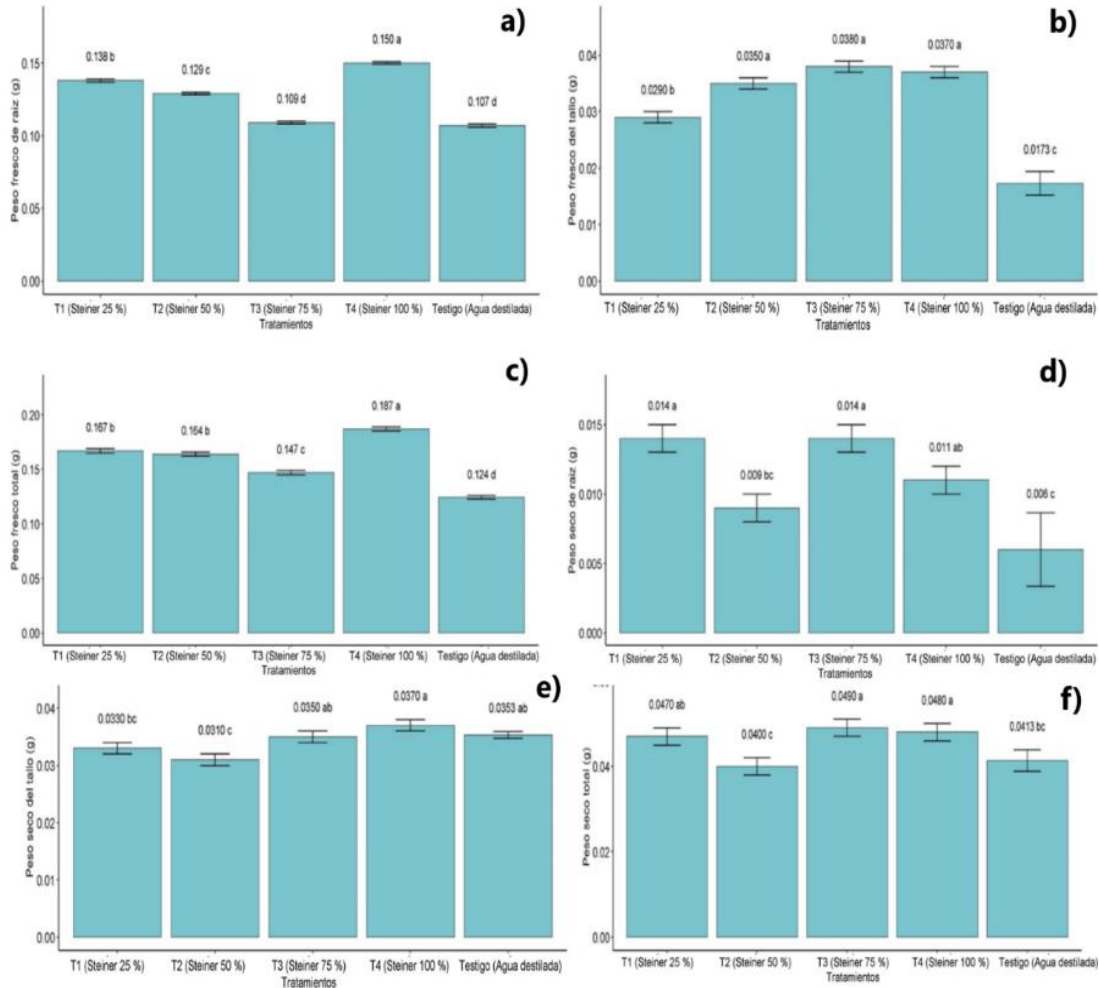


Figura 20. Prueba de LSD para Peso fresco y Peso seco de plántulas de *Lippia graveolens* Kunth; a) Pft= Peso fresco total; b) Pfta= Peso fresco del tallo; c) Peso fresco de raíz; d) Psta= Peso seco de tallo; e) Psr: Peso seco de raíz; f) Pst= Peso seco total.

El efecto de este tratamiento coincide con el obtenido por Enríquez del Valle *et al.*, (2013), quienes aplicaron en *Agave americana* var. *Oaxacencis* la concentración Steiner al 100 % y reportaron mayor Pfr 3.9 g.

Con los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner), T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) y T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) se muestra una tendencia con esta variable, donde el Pfr disminuye al aumentar la concentración de la

solución Steiner; siendo el promedio del Pfr con el T3 (Pfr= 0.109 g) muy cercano al testigo T5 (agua destilada) (Figura 20a). Esta tendencia también se reportó en plantas de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), donde el Pfr disminuyó al aumentar la dosis de solución nutritiva.

#### 6.5.8. Peso fresco de tallo (Pfta)

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Pfta de las plantas de orégano tuvieron un valor mínimo de 0.0200 g y máximo de 0.0390 g (Cuadro 13). El ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 1.35e^{-08}$ ) (Cuadro 21 Anexo) y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que la aplicación de la solución nutritiva muestra una tendencia; el Pfta aumenta al incrementar la dosis de solución nutritiva.

Aunque los tratamientos T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner), T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) y T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales, con el T3 se obtuvo el mayor Pfta (0.0380 g) con una diferencia con respecto al testigo de 0.0207 g (Figura 20b). Este mismo efecto se presentó en plantas de *Agave angustifolia* donde con una concentración menor al 100% de solución Steiner se obtuvo mayor Pfta (Enríquez del Valle *et al.*, 2018).

#### 6.5.9. Peso fresco total (Pft).

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Pft de las plantas de orégano registraron un valor mínimo de 0.120 g y máximo de 0.189 g (Cuadro 13). El análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) registró diferencias significativas ( $p.chisq= 2.99e^{-11}$ ) (Cuadro 21 Anexo) y en la comparación de medias LSD se determinó que el T4 (100% de solución Nutritiva Steiner), superó al resto de los tratamientos evaluados con una Pft de 0.187 g superando al resto de tratamientos evaluados, con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) en Pft de 0.063 g (Figura 20

c). La aplicación del tratamiento T4 resultó efectiva con epazote (Aguilar-Carpio *et al.*, 2022) donde el Pft también se incrementó; un efecto opuesto se reportó con la misma especie de orégano (*L. graveolens*) donde Juárez-Rosete *et al.*, (2019) refieren que al aplicar 100 % de la solución Steiner Pft. El resultado de Pft obtenido en este ensayo con el T4 (Pft 0.187 g) supera al reportado con la misma especie de orégano (*L. graveolens*) por Sánchez (2011), quien obtuvo un Pft de 0.025 g.

Con los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner), T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) y T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) se muestra una tendencia con esta variable, donde el Pft disminuye al aumentar la concentración de la solución Steiner; siendo el promedio del Pft con el T3 (Pft= 0.147 g) muy cercano al testigo T5 (agua destilada) (Figura 20c). Este efecto es opuesto al reportado Juárez-Rosete *et al.*, (2019) con la misma especie de orégano donde se refiere que el aplicar 75 % de la solución Steiner aumenta el Pft de la planta de orégano.

Los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) y T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales con una Pft de 0.167 g y 0.164 g respectivamente.



Figura 21. Peso fresco de plántulas de orégano. a) T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner); b) T2 (50% de solución Nutritiva Steiner); c) T3 (75% de Solución Nutritiva Steiner); d) T4 (100% de Solución Nutritiva Steiner); e) testigo T5 (agua destilada).

#### 6.5.10. Peso seco de la raíz (Psr).

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Psr de las plantas de orégano tuvieron un valor mínimo de 0.0040 gr y máximo de 0.0150 g (Cuadro 13). El ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 0.000243$ ) (Cuadro 21 Anexo) entre tratamientos y en la comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que el T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) y T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales con un Psr de 0.014 g y superan al resto de los tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 0.008 g (Figura 20d).

En orden de importancia le siguió el tratamiento T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) con un Psr de 0.011 g. En menor efecto de los tratamientos con solución nutritiva de obtuvo con el T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) con un Psr de 0.009 g valor muy cercano al testigo T5 (agua destilada).

Con esta variable (Psr) Bugarín *et al.*, (1998), al comparar el efecto de las soluciones nutritivas obtuvo dos valores estadísticamente iguales con el mismo Psr para orégano no se encontró otro valor de referencia para Psr.

#### 6.5.11. Peso seco del tallo (Psta).

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Psta de las plantas de orégano registraron un valor mínimo de 0.030 g y máximo de 0.0380 g (Cuadro 13). En análisis de Kruskal-Wallis si registró diferencias significativas ( $p.chisq= 0.000128$ ) (Cuadro 21 Anexo) entre tratamientos y en la comparación de medias LSD ( $\alpha=0.05$ ) se muestra que la concentración de T4 (100 % de Solución Nutritiva Steiner), registró en promedio un Psta de 0.0370 g superando al resto de tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) de 0.0017 g (Figura 20e). Este resultado muestra que la materia seca se relaciona con la disponibilidad y aprovechamiento de los nutrimentos en planta lo cual, influye en una mejor actividad fotosintética y acumulación de biomasa (Azcón-Bieto y Talón, 2008), por lo que en el cultivo de orégano debe cuidarse el crecimiento, contenido de materia seca en la planta; así como la cantidad y dosis de fertilización.

El efecto de este tratamiento es similar al reportado por Huidobro-Medina (2013), donde en plantas de epazote con 75 dds, se obtuvo un mayor Psta de 8.42 g. En orden de importancia le siguió el T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) con un Psta de 0.0350 g; mientras que los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) y T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) registraron un Psta menor al testigo T5 (agua destilada) (Figura 21e). El efecto de estos tratamientos muestra que los nutrientes aportados no fueron suficientes para satisfacer la demanda nutrimental

de la planta y que con este cultivar es necesario cuidar la calidad nutrimental y dosis fertilización. Una aplicación racional de fertilizantes es imprescindible para conseguir una buena producción ya que la fertilización es una inversión por lo que lo adecuado es aportarlos racionalmente para satisfacer las necesidades del cultivo. Esto implica que se debe tener en cuenta tanto la cantidad como el equilibrio nutricional del fertilizante y el momento de la aplicación (Allen y Valauwe, 2009).

#### 6.5.12. Peso seco total (Pst).

A los 168 ddt (Días después del trasplante) el Pst de las plantas de orégano tuvieron un valor mínimo de 0.04 g y máximo de 0.0510 g (Cuadro 13). En análisis de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0.05$ ) registró diferencias significativas ( $p.\text{chisq}= 0.000987$ ) (Cuadro 21 Anexo) entre tratamientos y en la comparación de medias de LSD ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que los tratamientos T3 (75% de solución Nutritiva Steiner) y T4 (100% de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales con un Pst de 0.0490 g y 0.0480 g respectivamente y superan al resto de los tratamientos evaluados con una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) del 0.0077 g (Figura 20f). El resultado obtenido en este ensayo supera al obtenido por Sánchez (2011), en el cual obtuvo con la misma especie de orégano un Pst de 0.018 g.

En plantas de cilantro (Cruz-Crespo *et al.*, 2017) y *Agave angustifolia* (Del Valle *et al.*, 2018) la concentración de solución nutritiva Steiner al 100 % generó mayor cantidad de materia seca. De acuerdo con Méndez-Natera (2002) el contenido de materia seca es producto de la altura de la planta, número y tamaño de las hojas, así como de la longitud radicular

En orden de importancia le siguió el tratamiento T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner); con un Pst de 0.0470 g. En menor efecto de los tratamientos con solución nutritiva se obtuvo con el T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) con un Pst de 0.0400 g valor inferior al testigo T5 (agua destilada) donde se registró un Pst de 0.0413 g.

En Resumen la dosis del tratamiento T4 (100 % de Solución Nutritiva Steiner) fue la que más influyó en las variables: Pfr con 0.150 g, Pft con 0.187 g y un Psta de 0.0370 g, mientras que la dosis del tratamiento T3 (75 % de Solución Nutritiva Steiner) influyó más en las variables: Pfta con 0.0380 g, Psr con 0.014 g y Pst de 0.0490 g, Con el tratamiento T4 se obtiene un mayor Pft y Psta. Sin embargo, con el tratamiento T3 se obtuvo el mayor Pfta y Psr.

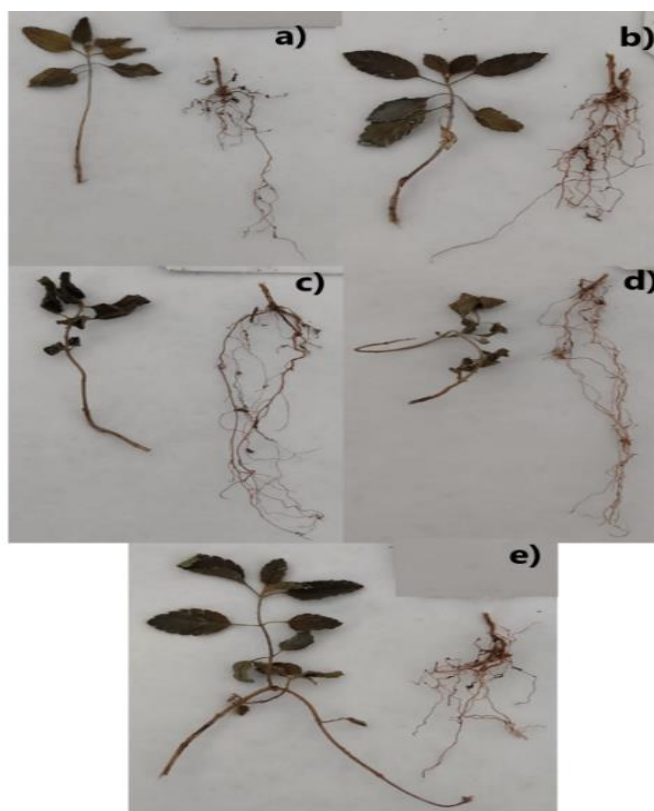


Figura 22. Peso seco de plántulas de orégano. a) T1 (25% de solución Nutritiva Steiner); b) T2 (50% de solución Nutritiva Steiner); c) T3 (75% de Solución Nutritiva Steiner); d) T4 (100% de Solución Nutritiva Steiner); e) testigo T5 (agua destilada).

**6.6. Ensayo 6. Índice de calidad de planta de orégano (Lignificación (IL), Dickson (ICD) y Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular (R PSR/PST)).**

Los datos del Índice de lignificación (IL) y el Índice de calidad Dickson (ICD) se ajustaron a las pruebas paramétricas; de normalidad (Shapiro-Wilk), prueba de homogeneidad de varianza (Bartlett) e independencia de errores (Durbin-Watson) (Cuadro14), con un CV menor a 15.84 y R<sup>2</sup> de hasta 0.99.

Con la R PSR/PST se utilizó la transformación Box-Cox para ajustar el modelo y obtener una distribución normal en la prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk), Homogeneidad de varianzas (Bartlett) e Independencia de errores (Durbin-Watson) ( $\alpha > 0.05$ ) con un CV menor a 15.17 y R<sup>2</sup> de hasta 0.97 (Cuadro 14).

De este análisis se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) donde las plantas de orégano tienen la misma calidad de planta (IL, ICD y R PSR/PST), independientemente de los tratamientos nutritivos evaluados.

Cuadro 14. Prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia de errores, Coeficiente de variación y coeficiente de determinación para datos de Índices de calidad de planta.

Variable	Prueba de Normalidad		Homogeneidad de varianza	Independencia de errores	CV	R <sup>2</sup>
	W	Valor-p	Valor-p	Valor-p		
IL	0.9387	0.3664	0.9102	0.7822	3.92	0.99
ICD	0.9185	0.1839	0.6818	0.6500	15.84	0.91
R PSR/PST	0.9191	0.1868	0.4909	0.8398	15.17	0.97

IL= Índice de lignificación, ICD= Índice de Dickson; R PSR/PST= Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular; CV= Coeficiente de variación; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación.



### 6.6.1. Índice de Lignificación (IL).

A los 184 ddt (Días después del trasplante) el IL de las plantas de orégano registraron en promedio un valor mínimo de 23.45 % y máximo de 35.77 % con un CV de 3.92 % y una  $R^2$  de 0.99. Este porcentaje muestra el grado de lignina que tienen las plantas de orégano producidas en contenedor. El contenido de lignina promedio de las plantas de orégano es de 28.95 %, e indica de acuerdo con Orozco *et al.*, (2010) y Lucas *et al.*, 2013) la cantidad de polímero fenólico que forma parte de la pared celular del tejido vascular; en este caso de las plantas de orégano, donde la cantidad de lignina acumulada le provee rigidez estructural a la planta, así como resistencia a la tensión y presión hídrica (Renault *et al.*, 2019). La característica de este heteropolímero le permitirá; en el caso de las plantas de orégano, resistir tanto el daño físico, como las condiciones de manejo que la planta pueda tener en el vivero hasta su establecimiento en campo, por lo que el IL en orégano indica que además de tener un buen crecimiento de las plantas, éstas pueden resistir sequías y bajas temperaturas.

Cuadro 15. Estadística descriptiva de los índices de calidad para *Lippia graveolens* Kunth.

<b>Indice</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DS</b>	<b>EE</b>	<b>IC</b>	<b>CV</b>
IL	23.457	35.772	28.95	28.144	4.019	0.328	0.643	3.92
ICD	0.00125	0.0034	0.002	0.00234	0.00062	0.00005	0.00009	15.84
R	2.267	8.75	3.664	3.2	1.8553	0.151	0.297	15.17

IL= Índice de lignificación, ICD= Índice de Dickson; R PSR/PST= Relación peso seco aéreo/ peso seco radicular; DS= desviación estándar; EE= error estándar; IC= intervalo de confianza; CV= Coeficiente de variación.

En análisis ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 1.06e^{-05}$ ) en el IL (Cuadro 22 Anexo) y en prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que el tratamiento T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner registró un IL de 33.3 %; superando al resto de los tratamientos evaluados; pero cuando la concentración de solución nutritiva aumentó como el caso del tratamiento T4 (100 % de solución

Nutritiva Steiner); o disminuyó como en el tratamiento T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) en IL disminuye hasta 8.9 % (Figura 23 a). Estos resultados muestran que, aunque dichos tratamientos tienen menor contenido de lignina, las plantas orégano tienen un IL de calidad media. Estos resultados muestran que si existe un efecto de la dosis nutrimental al aumentarse como lo refiere Arrazola-Cárdenas *et al.*, (2020).

El IL del tratamiento T3 registró una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) de 13.4 %, esto muestra que la dosis nutrimental es necesaria en la producción de planta y que esta influye en el peso fresco y seco total de la misma.

En orden de importancia le siguieron los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) y T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner) con un IL de 28.1 % y 25.7 % respectivamente (Figura 23 a). Estos resultados muestran un valor menor en el contenido lignina, lo que pudo influir en el peso fresco y seco total del tallo, follaje y raíz de la planta, lo que puede afectar su resistencia a la sequía, o a las bajas temperaturas cuando las plantas se establezcan en campo como lo refiere Ureta *et al.*, (2018). Esto es importante considerarlo para garantizar la supervivencia y desarrollo de las plantas con un esquema de producción de planta eficiente.

El menor IL en las plantas de orégano que se hicieron crecer con solución nutritiva se obtuvo con el T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) con un IL de 24.4 %; sin embargo, las plantas se clasificaron como de calidad media.

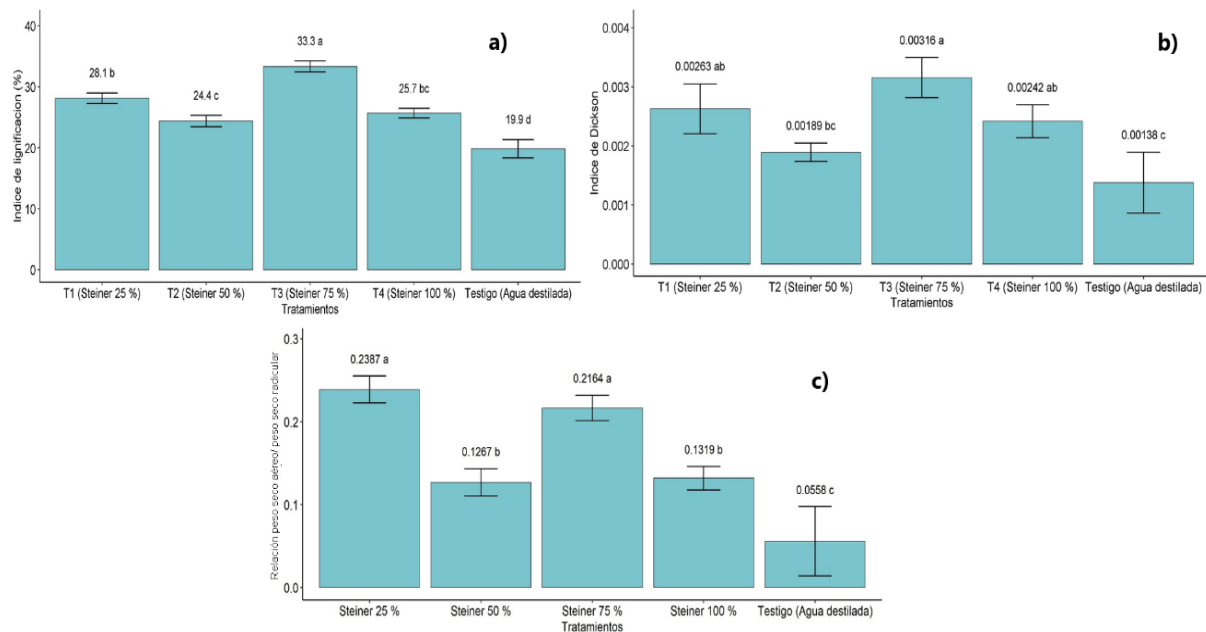


Figura 23. Prueba de Tukey para plántulas de *Lippia graveolens* Kunth. a) índice de calidad Dickson; b) Índice de Lignificación; c) Índice de relación peso seco de raíz y peso seco del tallo.

### 6.6.2. Índice de calidad Dickson (ICD).

En orégano ni en otras plantas aromáticas no existe un referente del ICD, este tipo de estudios se ha realizado principalmente en coníferas donde Sáenz *et al.*, (2010), refieren un ICD que va de 0.2 a 0.5; mientras que en orégano a los 184 ddt (Días después del trasplante) se registró un ICD con valor mínimo de 0.0012 y máximo de 0.0034 (Cuadro 15), con un CV de 6.34 % y una  $R^2$  de 0.87. Estos resultados indican la variabilidad morfológica y de peso que tienen las plantas de orégano. El ICD promedio fue de 0.0024 e indicó la fracción de la parte aérea y radicular que presentaron las plantas (Cuadro 15).

En análisis ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 0.001263$ ) en el ICD (Cuadro 22 Anexo) y en prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que los tratamientos T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner), T4 (100 % de solución

Nutritiva Steiner) y T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales (Figura 23b); sin embargo, el tratamiento T3 registró un ICD alto con 0.00316 unidades de calidad, superando al testigo T5 (agua destilada) con una diferencia de 0.00178 unidades de calidad. Las plantas del T3 registraron una altura foliar de 9.97 cm con una longitud de raíz de 9.33 cm (Figuras 19a y 19b), lo que muestra que la fracción de la parte aérea y radicular estuvo equilibrada siendo plantas con mejor calidad de acuerdo con Rueda *et al.*, (2012) y Villalón-Mendoza *et al.*, (2016) con un valor alto de ICD, lo que puede contribuir a mejorar su economía hídrica y por tanto se esperaría un mejor desempeño en la supervivencia cuando estas se establezcan en campo.

El ICD es uno de los mejores índices porque considera los atributos dendrométricos de la planta y su peso, así mismo representa un equilibrio entre la masa y robustez de la planta, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartando aquellas con menor altura y vigor.

Cuando la concentración de solución nutritiva aumentó como el caso del tratamiento T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner); o disminuyó como en el tratamiento T2 (50 % de solución Nutritiva Steiner) en ICD bajo hasta 0.00127 unidades de calidad (Figura 23b). Estos resultados muestran que la dosis de dichos tratamientos influye en las variables dendrométricas y de peso, donde la masa aérea y radical de las plantas no tuvieron la misma proporción en altura y longitud de raíz (Figuras 18a y 18b), las plantas del tratamiento T2 registraron menor altura y longitud radicular que las plantas del T4, lo que puede influir en su capacidad de supervivencia y crecimiento en ambientes secos (Ramírez y Rodríguez, 2004).

### 6.6.3. Relación PSR/PST (peso seco de raíz/peso seco del tallo).

En orégano ni en otras plantas aromáticas no existe un referente de la relación PSR/PST, este tipo de estudios se ha realizado principalmente en coníferas donde Thompson (1985), refiere que este cociente no debe de ser mayor a 2.5 unidades

de calidad; mientras que Rodríguez (2008) menciona que una relación PSR/PST igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; pero si el valor es menor a uno, la biomasa subterránea es mayor que la aérea; y al contrario, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es mayor que la subterránea.

En análisis ANOVA registró diferencias altamente significativas ( $p= 0.001263$ ) en la relación PSR/PST (Cuadro 22 Anexo) y en prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se determinó que los tratamientos T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner) y T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) fueron estadísticamente iguales con un cociente de la relación PSR/PST de 0.2387 g y 0.2162 g respectivamente; sin embargo, el tratamiento T1 registró una mayor relación PSR/PST. Este tratamiento registró una diferencia con respecto al testigo T5 (agua destilada) de 0.1829 g donde se obtuvo el menor cociente en la relación PSR/PST (Figura 23c).

Cabe mencionar que la proporción de la parte aérea y radicular de los tratamientos T1 y T3 fue diferente, las plantas del tratamiento T1 fueron desproporcionadas con una altura mayor (11.81 cm) que la longitud radicular (7.33 cm); mientras que las plantas del tratamiento T3 registraron una proporción equilibrada su altura foliar (9.97 cm) y radicular (9.33 cm), que de acuerdo con Rodríguez (2008) el valor de la relación PSA/PSR se considera mayor a uno, cuando la biomasa aérea es mayor que la subterránea como el caso del T1; mientras que una relación PSR/PST igual a uno, cuando la biomasa aérea es igual a la subterránea como el caso del tratamiento T3.

Del análisis de calidad de planta se determinó que el tratamiento T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) genera plantas con alto índice de calidad en el IL, ICD y relación PSR/PST, por lo que este es el tratamiento que puede ser utilizado para la producción de planta de orégano. La nutrición de la planta influye en los atributos dendrométricos y de peso que determinan la producción de biomasa factor a considerar en la producción de planta en vivero como lo refieren Prieto *et al.*, (2009) y Sáenz Reyes *et al.*, (2014), quienes refieren que una desproporción de la parte radicular provee de una insuficiente energía a la parte aérea.

En resumen, las plantas de orégano tienen un mayor IL cuando se aplica solución nutritiva; el tratamiento T3 registró un alto IL de 33.3 %, ICD con 0.00316 unidades de calidad y un PSR/PST de 0.2387 g, sin embargo fue estadísticamente igual que el tratamiento T1 (25% de solución Nutritiva Steiner) con 0.2162 g.

## VII. CONCLUSIONES

- Con la tecnología de semilla se logró determinar la calidad física de la semilla mostrando diferencias en tamaño y color; las semillas oscuras registraron una longitud de 1.9289 mm, con un diámetro de 0.9628 mm; este tipo de semillas registró una mayor viabilidad (80.7 %) y un PMS de 0.6000 g. La viabilidad de las semillas claras fue bajo porque no alcanzaron su máxima maduración, por lo que es importante cuidar la colecta de la semilla y previo a la germinación se requiere hacer un análisis de pureza del lote de semilla.
- En calidad fisiológica, se determinó que la germinación de orégano se inicia desde los 14 dds hasta los 42 dds, Con esta especie se requiere aplicar un tratamiento pregerminativo con 250 ppm de  $AG_3$  donde se obtiene un 84% de germinación,
- A los 45 dds el mayor crecimiento en Af de las plántulas se obtuvo con el T1 (250 ppm de  $AG_3$ ) con una Af de 3.03 cm; mientras que su Ne de 3.28, Nh de 6.56 y Lr 2.05 fue menor al obtenido con T4 (100 % de micorriza (*Glomus intraradices*) (riqueza fúngica de 46 esporas  $g^{-1}$  de suelo) con un Ne de 3.67, Nh de 7.40 y Lr 2.52.
- A los 168 ddt con el T1 (25 % de solución Nutritiva Steiner), solo se tuvo un efecto en la Af (11.81 cm); mientras que con el T4 (100 % de solución Nutritiva Steiner), se obtuvo mayor incremento en Ne de 8.90, Nh de 17.14, con un Dc de 5.73 cm y Lr de hasta 12 cm. Con un alto peso Pft de 0.187 g, Pfr de 0.150 g y Psta de 0.0370 g,
- A los 168 ddt el T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner) registró mayor Pfta de 0.0380 g, Psr de 0.014 g y Pst de 0.0490 g lo que influyó en la calidad de planta. Las plantas de este tratamiento registraron en promedio una AF
- de 9.97 cm, con un Dc de 5.13 cm, Ne de 5.81, Nh de 13.83 y con una Lr de 9.33 cm,
- En los tres índices de calidad de planta evaluados, los valores mas altos de obtuvieron con el T3 (75 % de solución Nutritiva Steiner).

- Un IL de 33.3 % indicó el contenido de lignina en las plantas de orégano, el ICD registró 0.00316 unidades de calidad, mostrando un equilibrio entre la parte aérea y radicular de la planta, siendo un indicador de su masa y robustez; mientras que la relación PSR/PST, mostró una simetría entre el tallo y la raíz. Estos índices reflejan la calidad de planta de oregano y al ser transplantadas a campo pueden asegurar su establecimiento y sobrevivencia.
- El uso de solución nutritiva Steiner durante el proceso de crecimiento de las plantas, influye en la acumulación de peso fresco y seco, donde el efecto de la biomasa foliar y radicular, así como los atributos dendrométricos influyen en los índices de calidad de planta.



## VIII. RECOMENDACIONES

- Para la producción de planta de oregano es importante cuidar la maduración de la semilla, considerar un tratamiento pregerminativo, hacer un repique a los 45 dds a un contenedor de 112 cavidades y en este aplicar una solución nutritiva con 75 % de solución Steiner.
- Es importante cuidar las dosis de fertilización sin descuidar la calidad nutrimental de la planta. En la producción de planta de oregano se debe cuidar el balance nutrimental para establecer una proporción entre la parte foliar y radicular, expresada en sus atributos dendrométricos y biomasa en la planta. Una falta o exceso de la dosis nutrimental, puede generar deficiencias, eutrofización, acidificación y toxicidad en la planta, lo que puede incrementar los costos de los insumos requeridos, y/o desaprovechar o retrasar la producción.

## IX. LITERATURA CITADA

- Aarland, R. C., Castellanos-Hernández, O. A., Rodríguez-Sahagún, A., y Acevedo-Hernández, G. (2020). Efecto del estrés salino sobre la morfología y fitoquímica de orégano mexicano (*Lippia graveolens* kunth) cultivado in vitro. *Biocetnia*, 22(3), 131-137. <https://doi.org/10.18633/biotech.v22i3.1223>
- Abbade LC, Takaki M. (2014). Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith-Bignoniaceae, submetidas ao armazenamento. *Rev. Árvore*. 38(2):233-240. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000200003>
- Acosta, M. B. (2021). Micorrizas: qué son y tipos. *ecologiaverde.com*. Consultado 10, 2023, de [https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html#anchor\\_1](https://www.ecologiaverde.com/micorrizas-que-son-y-tipos-2498.html#anchor_1)
- Agüero-Fernández, Y., Hernández-Montiel, L. G., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Zulueta-Rodríguez, R., & Murillo-Amador, B. (2016). Hongos micorrízicos arbusculares como agentes mitigadores del estrés salino por NaCl en plántulas de albahaca. *Nova scientia*, 8(17): 60-86. DOI: <https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.533>
- Aguilar Murillo, X., Valle Meza, G., González Rosales, G., & Murillo Amador, B. (2013). Guía De Cultivo De Orégano. [Primera edición]. La Paz, Baja California Sur, México. <https://studylib.es/doc/5532973/gu%C3%ADa-de-cultivo-de-or%C3%A9gano---intranet>
- Aguilar-Carpio, C., González-Maza, S. V., Juárez-López, P., Alia-Tejacal, I., Palemón-Alberto, F., Arenas-Julio, Y. R., & Escalante-Estrada, A. S. (2021). Análisis de crecimiento de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cultivado en invernadero. *Biocetnia*, 23(2): 113-119.
- Albarracín-Gómez, L. D., Hortúa-Gamboa, S. D., & Acero-Godoy, J. (2022). Efecto inhibitorio del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre *Fusarium oxysporum* en la familia *Solanaceae*. Una revisión. *Tecnología en Marcha*, 36. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5877>

- Alcantara-Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32): 09-129.
- ALLEY, M.; VALLAUwE, B. (2009). The role of Fertilizers in Integrated Plant Nutrient Management. International Fertilizer Industry Association. Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture. Disponible en <http://www.fertilizer.org>
- Araiza Lizarde, N., Araiza Lizarde, E., y Martínez Martínez, J. G. (2011). Evaluación de la germinación y crecimiento de Plántula de Chiltepín (*Capsicum annum L variedad glabriusculum*) en invernadero. *SciELO*, 13(2): 170-175.  
<https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacolombianadebiotecnologia/2011/vol13/no2/16.pd>
- Araya, E; Gómez, L; Hidalgo, N; Valverde, R. (2000). Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación *in vitro* de Jaul (*Alnus acuminata*). *Agronomía Costarricense* 24(1):75-80.
- Asociación Internacional de Ensayos de Semillas, "Introducción a las reglas ISTA". International Rules for Seed Testing, vol. (2016).  
<https://doi.org/10.15258/istarules.2016.F>
- Ávila, W., (2016). Módulo de vivero, definición de vivero.. 1era edición ed. México Pearson.
- Ávila-Flores, I. J., Prieto-Ruíz, J. A., Hernández-Díaz, J. C., Whehenkel, C. A., & Corral-Rivas, J. J. (2014). Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. mediante déficit de riego en vivero. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(3): 237-245.
- Ayala, G. O. J.; Pichardo, G. J. M.; Estrada, G. J. A.; Carrillo, S. J. A. y Hernández, L. A. (2006). Rendimiento y calidad de semilla de frijol ayocote en el Valle del México. *Agric. Téc. Méx.* 32(3):313-321.
- Azcon-Bieto, J., Talón Cubillo, M. T., Bonilla Mangas, I. B., & Gárate Ormaechea, A. G. (2008). *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Departamento

de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universitat de Barcelona.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=556962>

- Bashan, Y., L. E. De-Bashan, S. R., Prabhu y J. R. H. Hernández. (2013). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 378(1-2):1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
- Bassole, I. H.; Ouattara, A. S.; Nebie, R.; Ouattara, C. A.; Kabore, Z. I. & Traore, S. A. (2003). Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Lippia chevalieri* and *Lippiamultiflora* from Burkina Faso. *Phytochem*, 62:209-12.
- Beltrano, J., Giménez, D. (2015). Cultivo en Hidroponía. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Benavides-Mendoza, A.; Salazar-Torres, A. M.; Ramírez-Godina, F.; Robledo-Torres, V.; Ramírez-Rodríguez, H. y Maiti, R. (2004). Tratamiento de semilla de chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. *Terra Latinoam*. 22(1):41-47.
- BiotestLab. (2024, 15 enero). Peso de mil semillas: ¿Cómo se determina? – Cebada, Soja, Sorgo. BiotestLab. <https://biotestlab.com.ar/peso-de-mil-semillas/>
- Blom, C.W.P.M. (1978). Germination, seedling emergence and establishment of some *Plantago* species under laboratory and field conditions. *Acta Botanica Neerlandica*, 27(5/6): 257-271. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19792325149>
- Bobadilla Meléndez, M., Gámez Vázquez, A. J., Ávila Perches, M. A., García Rodríguez, J. J., Espitia Rangel, E., Moran Vázquez, N., & Covarrubias Prieto, J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(7): 973-985.
- Borboa-Flores, J., Ortega-Nieblas, M. M., McCaughey-Espinoza, D., Robles-Burgueño, M. D. R., Serna-Félix, M., Cinco-Moroyoquie, F. J., y Rueda

- Puente, E. O. (2016). Características de la germinación de *Lippia palmeri* (Wats) proveniente de regiones silvestres del desierto de Altar, Sonora, México. *Idesia (Arica)*, 34(4): 37-42.
- Borza JK, Westerman PR, Liebman M. (2007). Comparing Estimates of Seed Viability in Three Foxtail (*Setaria*) Species Using the Imbibed Seed Crush Test with and Without Additional Tetrazolium Testing. *Weed. Technol.* 21(2):518-522. Doi:10.1614/WT-06-110.
  - Bremholm, T. (1993). Evaluation of techniques for establishing sedge meadow vegetation.
  - Bugarín, F. R., Baca, G. A., Martínez, J., Tirado, J. L., y Martínez, A. (1998). AMONIO/NITRATO Y CONCENTRACION IONICA TOTAL DE LA SOLUCION NUTRITIVA EN CRISANTEMO. I. CRECIMIENTO Y FLORACION. *Terra Latinoamericana*, 16(2): 113-124.
  - Burt, S. A. & Reinders, R. D. (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Lett. Appl. Microbiol.*, 36:162-7.
  - Cakmak, I. V. (2014). ¿Por qué las plantas necesitan zinc? 3er. Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas. INTAGRI. Guadalajara, Jalisco, México. Disponible: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/nutricion-cultivos-zinc#:~:text=El%20Zn%20es%20un%20micronutriente,frente%20a%20sequias%20y%20enfermedades.&text=Diversos%20investigadores%20han%20reportado%20que,del%20orden%20de%2055%20mg>
  - Camara, M. C., Vandenberghe, L. P. S., Sextos, G. C., Tanobe, V. O. A., Magalhães, A. I., y Soccol, C. R. (2020). Alternative methods for gibberellic acid production, recovery and formulation: A case study for product cost reduction. *Bioresource Technology*, 309: 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123295>
  - Canli, F. A.; Sahin, M.; Termutas, N. and Pektas, M. (2014). Improving fruit quality of apricot by means of preharvest benzyladenine and benzyladenine

plus gibberellins applications. Horttechnology. 24(4):424-427  
<https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/24/4/article-p424.xml>

- Cano, M. A. (2011). INTERACCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN PLANTAS: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. UNA REVISIÓN. CIENCIAS AGROPECUARIAS, 14(2):15-31. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012342262011000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012342262011000200003&script=sci_arttext)
- Carciochi, W.; Divito, G.; Reussi, N. y Echeverría, H. (2015). Las mejores prácticas de manejo de la fertilización azufrada en cultivos extensivos. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 20 p 2–6.
- Carneiro-Dos Santos, R.; Toledo-Pereira, M.; Sauza-Mendes, D.; Soares-Sobral, R. R.; Nietzsche, S.; Polete-Mizobuti, G. y Dos Santos, B. H. (2016). Gibberellic acid parthenocarpy and increases fruit size in the “Gefter” custard apple (*Annona cherimola* x *Annona squamosa*). Austr. J. Crop Sci. 10(3):314-321.
- Carranza, C., Castellanos, G., Deaza, D., & Miranda, D. (2016). Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. Revista colombiana de ciencias hortícolas, 10(2): 284-291. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5791>
- Carrillo Sánchez, L. E. (2015). MICORRIZAS PARA PRINCIPIANTES. Herbario CICY, 176–179. <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/2383/1/2015-11-19-Carrillo-Sanchez-Micorrizas-para-principiantes.pdf>
- Castellanos Hernández, O. A., Rodríguez Sahagú, M. D., Acevedo-Hernández, G. J., Aarland Rayn, C., y Rodríguez-Sahagún, A. (2020). EVALUACIÓN ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia graveolens* COMO INHIBIDOR DE CRECIMIENTO DE *Salmonella* sp, *E. coli*

Y *Enterococcus* sp. E-CUCBA, (14): 1–6 <http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/155/142>

- Castillo, I. O., Almazán, A. J. S., Arellano, J. D. J. E., & Vázquez, C. V. (2017). Recolección y comercialización del orégano (*Lippia* spp) en el semi-desierto mexicano, un caso de estudio: Reserva Ecológica Municipal Sierra Y Cañón de Jimulco, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41(1345-2018-028): 684-695 <https://doi.org/10.22004/ag.econ.266423>
- Castro-Restrepo, D., Díaz-García, J. J., Serna-Betancur, R., Martínez-Tobón, M. D., Urrea, P. A., Muñoz-Durango, K., y Osorio-Durango, E. J. (2013). Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales. <https://doi.org/10.47286/9789588385747>
- Cedemun. (2007). Enciclopedia de los municipios de México Durango - Mapimí. De: <https://web.archive.org/web/20070927205746/http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/durango/mpios/10013a.htm>
- Celis-Velázquez, R., Peña-Valdivia, Luna-Cavazos, M., y Aguirre R., J. R. (2010). Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. *Rev. Fac. Agron*, (27):61-87. [https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/enero\\_marzo2010/celis-velazquez.pdf](https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/enero_marzo2010/celis-velazquez.pdf)
- Centro Nacional de Estudios Municipales, Secretaría de Gobernación, "Enciclopedia de los Municipios de México". Los Municipios de Durango, Talleres Gráficos de la Nación, México, (1988).
- Chao, W.S., M.E. Foley, D.P. Horvath and J.V. Anderson. (2007). Signals regulating dormancy in vegetative buds. *Int. J. plant Devel. Biol.* 1(1):49-56.
- Chávez, J. C., Bravo, K., Delgado, D., García, G. C., y Gallo, F. M. (2023). Calidad fisiológica y crecimiento temprano de plántulas de maíz en función de dosis y tiempos de remojo de semillas en bioestimulante. *South sustainability*, 4(1), e076. <https://doi.org/10.21142/ss-0401-2023-e076>

- CHILDS, A. C.; METHA D. J.; GERNER E. W. (2003). Polyaminedependent gene expression. Cellular and Molecular Life Sciences 60: 1394-1406. doi: 10.1007/s00018-003-2332-4
- Clemente, A., de Carvalho, M., Guimarães, R., Zeviani, W. (2011). Preparo das sementes de café para avaliação da viabilidade pelo teste de tetrazólio. Revista Brasileira de Sementes, (33): 38-44.
- Coello, C., Miceli, C., Orantes, C., Dendooven. L, Gutiérrez, A. (2010). Plant growth regulators optimization for *in vitro* cultivation of the orchid Guarianthe kinneri (Bateman) Dressier & W.E.Higgins. Gayana Botanica. 67(1): 19-26.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). Orégano mexicano, oro verde del desierto. Revista electrónica de la Comisión Nacional Forestal, 54, 1. Retrieved from [http://www.mexicoforestal.gob.mx/nuestros\\_arboles.php?id=29](http://www.mexicoforestal.gob.mx/nuestros_arboles.php?id=29)
- CONAFOR. (2008). *Oregano*. Scribd. Retrieved July 2, 2023, from <https://es.scribd.com/document/158237087/Oregano>
- CONAFOR. (2017). Plantaciones Forestales Comerciales. gob.mx. Recuperado 17 de agosto de 2023, de <https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>
- Corbineau, F., Q. Xia, C. Bailly y H. El-Maarouf-Bouteau. (2014). Ethylene, a key factor in the regulation of seed dormancy. Front. Plant Sci. 5, 1-13. Doi: 10.3389/fpls.2014.00539
- Costa, C., Meneghello, G., Jorge, M. Y Costa, E. (2021). «The importance of physiological quality of seeds for agriculture». Colloquium Agrariae, 17(4): 102-119. Disponible en: <https://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n4.a452>
- Courtis, A. C. (2013). Germinación de semilla: Catedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>



- Cuali-Álvarez, I.; Pavón-Romero, S. H.; Colín-Cruz, A. (2011), Producción de ácido giberélico a partir de *Gibberella fujikuroi* utilizando lodo residual municipal como sustrato *Universitas Scientiarum*, vol. 16, núm. 1, enero-abril, pp. 51-62 Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Colombia. De <http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v16n1/v16n1a04.pdf>
- Delouche, J. C. (2002). Germinación, deterioro y vigor de semillas. *Seed News*6 (6). [http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtml)
- Di Carlo Quiroz Velásquez, J., Cruz, B. E. B., Cruz-Cruz, J., Salazar-Bravo, Á., y Hernández-Mendoza, J. L. (2017). Identificación molecular de *Lippia graveolens* Kunth s.l., Verbenaceae: Lantaneae, en la planicie costera del Golfo de México. *DOAJ* (DOAJ: Directory of Open Access Journals). <https://doaj.org/article/5b068945d1414460ac9a904d7a34f394>
- Días, M., y Alves, S. (2008). Avaliação da viabilidade de sementes de *Panicum maximum* Jacq pelo teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, 30(3): 152-158.
- Díaz-Vázquez, F. A., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V., Juárez-Maldonado, A., García-León, Á., & Sandoval-Rangel, A. (2023). Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana*, 41.
- Dickson, A., A. L. Leaf and J. F. Hosner. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.* (36):10-13
- Durán Gaviria, L. A., Castro Vargas, D. F., Sánchez Orozco, M. S., & Bonilla Correa, C. R. (2016). Calidad fisiológica de semillas de variedades de *Ocimum* producidas bajo condiciones del Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 38-43
- Dussan SL, DA Villegas, D Miranda. (2016). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Mg, Ca y B sobre la acumulación y distribución de la masa seca en plantas

de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. ICA Palmira II en fase de vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 10(1): 40-52. DOI: [doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4277](https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4277).

- Dzib-Ek, G., Villanueva-Couoh, E., Garruña-Hernández, R., Yoisura, S. V., y Larqué-Saavedra, F. A. (2021). Efecto del ácido salicílico en la germinación y crecimiento radicular del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4): 735-740. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2642>
- Enríquez del Valle, J. R., Rodríguez-Ortiz, G., Luna, J. R., Ramírez, A. J. P., & Vásquez, L. V. (2018). CRECIMIENTO Y CONDICIÓN NUTRIMENTAL DE PLANTAS MICROPROPAGADAS DE *Agave angustifolia* ABONADAS Y FERTIRRIGADAS EN VIVERO. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2): 106-115.
- FAO. (2002). Los Fertilizantes y Su uso una Guía de Bolsillo para los Oficiales de Extension. Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- Fariduddin Q, Yusuf M, Ahmad I, Ahmad A. (2014); Brassinosteroids and their role in response of plants to abiotic stresses. *Biologia Plantarum*. 58(1): 9-17.
- Farrás, T. (2011). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. Instituto Nacional de Semillas. Laboratorio de calidad de semillas.
- Fernandez, L. (2023). Conoce los distintos tipos de semillas para sembrar y sus características - *Agriculteca*. *Agriculteca*. Recuperado 12 de marzo de 2024, de <https://www.agriculteca.com/articulos/tipos-de-semillas-para-sembrar>
- Flolliott, P., Thames, J. (1983). Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de prosopis en América Latina. Roma, Italia: FAO.
- Fontana, M. L., Perez, V. R., & Luna, C. V. (2015). Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de *Prosopis alba*. *Multequina*, (24): 33-45.
- Forlín, A. M. (2012). PLANTAS AROMÁTICAS Diferentes formas de multiplicación. INTA – Estación Experimental Agropecuaria “El Colorado”,

1. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/25829/mod\\_resource/content/1/Plantas%20Aromaticas.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/25829/mod_resource/content/1/Plantas%20Aromaticas.pdf)

- Galetti M, Guevara R, Côrtes MC, Fadini R, Von Matter S, Leite AB, Ribeiro T, Carvalho CS, Collevatti RG, Pires MM, Guimarães PR, Brancalion PH, Ribeiro MC, Jordano P. (2013). Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. *Sci.* 340(6136):1086-1090. doi: 10.1126/science.1233774.
- Gallo C., Craviotto R. y Arango M., (2012) "Pureza físico-botánica de semillas de soja", Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, vol. (48):
- Garay, Adriel E. (1991). La calidad de la semilla y sus componentes. In: Control de Calidad en el Campo, Beneficio y Almacenamiento de Semillas (1991, Cali, Colombia). [Trabajos presentados]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 1-12.
- García, M. A. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia, Entre Ríos, Argentina. 10 p. [http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312\\_GARCIA.pdf](http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312_GARCIA.pdf)
- García, P.E, Castro A.F.F, Gutiérrez U.J.A. y García L.S. (2012). Revision of the production, phytochemical composition, and nutraceutical properties of Mexican oregano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 3(2).
- García-Pérez, E., Castro-Álvarez, F. F., Gutiérrez-Urbe, J. A., García-Lara, S., y León, N. (2012). Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas del orégano mexicano\* Revision of the production, phytochemical composition, and nutraceutical properties of Mexican oregano. SciELO. <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263123201010.pdf>
- Gaytán-Ruelas, M.; Vargas-Espinoza, E.; Rivera-Arredondo, M. y Morales-Félix, V. de J. (2016). Efecto del raleo de frutos en el rendimiento de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. *Rev. Análisis Cuantitativo y Estadístico.* 3(7):18-25.

- Gebrim, F., R. Novais, I. Silva, F. Schulthais, L. Vergütz, L. Procópio, G. Jesus. (2010). Mobility of inorganic and or-ganic phosphorus forms under different levels of phos-phate and poultry litter fertilization in soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34(4): 1195-1205
- Ginwal, H. S., Phartyal, S. S., Rawat, P. S., & Srivastava, R. L. (2005). Seed Source Variation in Morphology, Germination and Seedling Growth of *Jatropha curcas* Linn. in Central India. *Silvae Genetica*, 54(1–6): 76–80. <https://doi.org/10.1515/sg-2005-0012>
- Godefroid S, Vyver A, Vanderborcht T. (2010). Germination capacity and viability of threatened species collections in seed banks. *Biodivers. Conserv.* 19(5):1365-1383.doi:10.1007/s10531-009-9767-3.
- González Nieves, C.; Arreola Ávila, J. G.; García Herrera, G.; Rodríguez Lopez, J.S.; Carrillo Flores, R.; Esquivel Arriaga, O.; Villa Castorena, M. (2010), EFECTOS DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN LA EMERGENCIA Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK) *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. IX, núm. 2, pp. 129-134 Universidad Autónoma Chapingo Durango, México <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545063005>
- González, H. y Fuentes, N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Rev. Cienc. Agric.* 34(1): 17-31.
- González-Hernández, O. A. (2013). Germinación y longevidad de semillas de genotipos de pitahaya (*Hylocereus spp*). Tesis de Maestría en Ciencias. Postgrado de recursos genéticos y productividad-fisiología vegetal. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- González-Trujano M., Hernández-Sánchez L., Muñoz Ocotero V., Dorazco-González A., Guevara Fefer P., Aguirre-Hernández E. (2017). Pharmacological Evaluation of the anxiolytic-like Effects of *Lippia graveolens* and Bioactive Compounds. *Pharmaceutical Biology* (55): 1569-1576. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13880209.2017.1310908>

- Granados-Sánchez, D., Martínez-Salvador, M., López-Ríos, G. F., La Rosa, A. B., & Rodríguez-Yam, G. A. (2013). Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* H. B. k.) en mapimí, Durango. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, XIX (2): 305-321. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.05.035>.
- Grzybowski CR de S, Ohlson O de C, Silva RC da, Panobianco M. (2012). Viability of barley seeds by the tetrazolium test. *Rev. Bras. Sementes* 34(1):47-54. Doi:10.1590/S0101-31222012000100006.
- GTM. (2013). Mapimí, Durango | Guía Turística México. [Guiaturisticamexico.com](http://Guiaturisticamexico.com). Consultado en [https://www.guiaturisticamexico.com/municipio.php?id\\_e=10&id\\_Municipio=00317](https://www.guiaturisticamexico.com/municipio.php?id_e=10&id_Municipio=00317)
- Guerrero, E., Potosí, C., Melgarejo L., y Hoyos, L. (2011). Manejo agronómico de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims) en el marco de las buenas prácticas agrícolas. En: L. Melgarejo, editor, *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, COL. p. 123-144.
- Guerrero, M. F.; Puebla, P.; Carrón, R.; Martín, M. L.; Arteaga, L. & San Román, L. (2002). Assessment of the antihypertensive and vasodilator effects of ethanolic extracts of some Colombian medicinal plants. *J. Ethnopharm.*, (80) :37-42.
- Guerrero-Lagunes, L. A., Ruiz-Posadas, L. D. M., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., Soto-Hernández, M., & Castillo-Morales, A. (2011). Efecto del cultivo hidropónico de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en la calidad y rendimiento del aceite esencial. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(2): 141-149.
- Gutiérrez, E. G., Ramos, A., & Cuevas, X. G. (2018). Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 9(45). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.139>

- Gutiérrez-García, A. S.; Carballo-Carballo, A.; Mejía-Contreras, J. A.; Vargas-Hernández, M.; Trethowan, R. y Villaseñor-Mir, H. E. (2006). Caracterización de trigos harineros mediante parámetros de calidad física y fisiológica de la semilla. *Agric. Téc. Méx.* 32(1):45-55.
- Gutiérrez-García, J. V., Rodríguez-Trejo, D. A., Villanueva-Morales, A., García-Díaz, S., & Romo-Lozano, J. L. (2015). Calidad del agua en la producción de *Pinus cembroides* Zucc. en vivero. *Agrociencia*, 49(2): 205-219.
- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E., & Zúñiga-Aguilar, J. (2012). Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía mesoamericana*, 23(2): 247-257.
- Haghghi, M., S. Mohammadnia, Z. Attai y M. Pessarakli. (2017). Effects of mycorrhiza inoculation on cucumber growth irrigated with saline water. *Journal of Plant Nutrition* 40(1): 128-137. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201499>
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and experimental botany*, 68(1): 14-25.
- Hernández Silva, E., y García-Martínez, I. (2016). Brasinoesteroides en la agricultura. I. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 441-450. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000200441&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000200441&script=sci_arttext)
- Hernández, S. V. (2004). Efecto de la luz, temperatura y ácido giberélico sobre la germinación de semillas de poblaciones de chiles silvestres. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Primer Convenio Mundial del Chile, p. 441.
- Hernández, T.; Canales, M.; Ávila, J. G.; García, A. M.; Meraz, S. & Duran, A. (2008). Antifungal activity of the essential oils of two Verbenaceae: *Lantana achyranthifolia* Desf. And *Lippia graveolens* H.B.K. of Zapotitlán de las

Salinas, Puebla (México). Bol. Latinoamer. Caribe Plant. Med. Aromat., 7:203-7.

- Hernández–Leal, T. I., Carrión, G., & Heredia, G. (2011). Solubilización in vitro de fosfatos por una cepa de *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Agrociencia*, 45(8): 881-892. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952011000800003&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952011000800003&script=sci_arttext)
- Herrera-Rodríguez S., López-Rivera R., García-Márquez E., Estarrón-Espinoza M., Espinosa-Andrews H. (2019). Mexican Oregano (*Lippia graveolens*) Essential oil-in-water Emulsions: Impact of Emulsifier type on the Antifungal Activity of *Candida albicans*. *Food Science and Biotechnology* (28): 441-448.
- Honda, I.; Matsunaga, H.; Kikuchi, K.; Matuo, S.; Fukuda, M. and Imanishi, S. (2016). Involvement of cytokinins, 3-indolacetic acid and gibberellins in early fruit growth in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Hortic. J.* Doi 10.2503/hortj. MI-120. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/hortj/86/1/86\\_MI-120/article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/hortj/86/1/86_MI-120/article-char/ja/)
- Horst, W. (2017). Los Retos Multifacéticos de la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 87. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/los-retosmultifaceticos-de-la-nutricion-vegetal>.
- Huerta C. (1997). Orégano mexicano: oro vegetal. CONABIO. *Biodiversitas* (15):8-13
- Huidobro-Medina, E.S. (2013). Establecimiento del cultivo hidropónico y evaluación de actividad biológica de epazote (*Teloxys ambrosioides* Weber). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Los Reyes Iztacala, Estado de México. 76 p.
- INIFAP Noreste. (2018). Gobierno De México. Retrieved June 30, 2023, from <http://www.inifapcirne.gob.mx/cesaltillo.php>

- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (Inafed). (2005). Instituto Nacional para el federalismo y desarrollo municipal del gobierno del estado de Coahuila. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/coahuila/imdex.html>
- INTAGRI. (2017). Diagnóstico Visual de Deficiencias Nutrimientales. Serie Nutrición Vegetal Núm. 97. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/Diagnostico-Visual-de-Deficiencias-Nutrimientales> -
- ISTA, International Seed Testing Association (2018) International rules for seed testing. ISTA. Zurich, Switzerland. 448 p.
- ISTA. (2015). International Seeds Testing Association. International rules for seed testing. Introduction to the ISTA rules. International seeds testing association. Zurich, Switzerland. 1-6 pp. <http://doi.org/10.15258/istarules.2015.i>.
- Jiménez D., R., G. Virgen C., S. Tabares F. y V. Olalde P. (2001). Bacterias promotoras de crecimiento de plantas: agro-biotecnología. Avance y Perspectiva (20): 395-400.
- Kaiser D, Freitas L, Biron R, Simonato S, Bortolini M. (2014). Adjustment of the methodology of the tetrazolium test for estimating viability of *Eugenia uniflora* L. seeds during storage. J. Seed Sci. 36(3):344-351. doi: 10.1590/2317-1545v36n31022.
- Kala C., P. (2015). Medicinal and aromatic plants: boon for enterprise development. J Appl Res Med Aromat Plants. 2(4):134-139. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214786115300036>
- Kanwar, M. K., Bajguz, A., Zhou, J., & Bhardwaj, R. (2017). Analysis of brassinosteroids in plants. Journal of plant growth regulation, 36, 1002-1030.
- Kazemi, M. (2014). Effect of gibberellic acid and potassium nitrate spray on vegetative growth and reproductive characteristics of tomato. J. Biol. Environ. Sci. 8(22):1-9.



- KEW. Royal Botanic Gardens. (2021). Seed Information Database (SID). Version 7.1. <http://data.kew.org/sid/>
- Kiani S, Minaei S, Ghasemi-Varnamkhasti M. (2016). Application of electronic nose systems for assessing quality of medicinal and aromatic plant products: a review. *J Appl Res Med Aromat Plants*. 3(1):1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214786115300036>
- Koksal, O., Gunes, E., Özer, O. O., y Ozden, M. (2010). Analysis of effective factors on information sources at Turkish Oregano farms. *African Journal of Agricultural Research*, 5(2), 142–149. <https://doi.org/10.5897/ajar09.598>
- Kong L.; von Aderkas, P. y Zaharia, L. I. (2016). Effects of exogenously applied gibberellins and thidiazuronon phytohormone profiles of long-shoot buds and cone gender determination in lodgepole pine. *J. Plant Growth Regul*. 35(1):172-182.
- Langlé-Argüello L. A., G. F. Gutiérrez-Hernández, G. A. Martínez-Gutiérrez. (2017). Efecto del tiempo de almacenamiento y procedencia de semillas de *Agave potatorum* Zucc. en la germinación y viabilidad. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* Vol 4(2):48-60. <https://docplayer.es/90384172-Revista-mexicana-deagroecosistemas.html>.
- Larque-Saavedra, A., & Martin-Mex, R. (2007). Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants. *Salicylic acid: a plant hormone*, 15-23.
- Lattuada, D.S., Rieth, S., Back, M.M. & De Souza, P.V. (2019). Interaction between endomycorrhizae and native fruit tree (myrtaceae) in Rio Grande do Sul state. *Ciencia Florestal*, 29(4): 1726-1736, <https://doi.org/10.5902/1980509837389>
- Lazcano-Bello, M. I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M. A., Hernández-Hernández, B. N., Ocampo-Fletes, I., y Díaz-Ruíz, R. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(1), 61-76. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>

- León, D. D., González-Álvarez, M., Guzmán-Lucio, M. A., Núñez-Guzmán, G. R., & MorenoLimón, S. (2020). The oregano of the genus *Lippia* (Verbenaceae) and *Poliomintha* (Lamiaceae) in the State of Nuevo León, Mexico. *Polibotánica*, (50): 1-18.
- Linde, G. A., Colauto, N. B., Albertó, E., & Gazim, Z. C. (2016). Quimiotipos, extracción, composición y aplicaciones del aceite esencial de *Lippia alba*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, (18)191-200.
- Ljung K (2013) Auxin metabolism and homeostasis during plant development. *Development* (140):943-950
- López, J., Torres, N., Saldivar, R., Reyes, I., y Argüello, B. (2016). Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas. *Centro de Investigación en 1química Aplicada (CIBQ)*, 129-140.
- López-Ortega, M. G., Martínez-Velázquez, M., Hernández-Guzmán, F. J., Mata-Espinosa, M. Á., & Rojas-García, A. R. (2018). Rendimiento y calidad de semilla de 'mijo Perla' con uso de micorrizas *Glomus intraradices* y fertilizantes químicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1514-1523.
- López-Villafranco M., Aguilar-Contreras A., Aguilar-Rodríguez S., Xolalpa-Molina S. (2017). Las Verbenaceae Empleadas como Recurso Herbolario en México: Una Revisión Etnobotánica-Médica. *Polibotánica* (44): 195-216 [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140527682017000200195&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140527682017000200195&script=sci_arttext)
- Loza-Cornejo S (2004) Características del desarrollo de plántulas de seis especies de *Pachycereceae* (Cactoideae-Cactaceae). Tesis. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 157 pp.
- Lumba, S., Cutler, S., & McCourt, P. (2010). Plant nuclear hormone receptors: a role for small molecules in protein-protein interactions. *Annual review of cell and developmental biology*, (26), 445-469.

- Magdaleno-Villar, J. J.; Peña-Lomelí, A.; Castro-Brindis, R.; Castillo-González, A. M.; Galvis-Spinola, A.; Ramírez-Pérez, F.; Hernández-Hernández, B. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, pp. 223-229 Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, México.
- Manh-Cuong, D., Cong Du, P., Tung, H. T. *et al.* (2021). Silver nanoparticles as an effective stimulant in micropropagation of *Panax vietnamensis* - a valuable medicinal plant. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02095-2>.
- Marquina, M. E., Ramírez, Y., & Castro, Y. (2018). Efecto de bacterias rizosféricas en la germinación y crecimiento del pimentón *Capsicum annum* L. Var. cacique gigante. *Bioagro*, 30(1): 3-16.
- MARSCHNER, H. (2012). Mineral nutrition of higher plants. third ed. Academic Press. (Australia). 889p. 10.1016/B978-0-12-473542-2.X5000-7
- Martín, R.; Larqué-Saavedra, A.; Vergara-Yoisura, S.; Uicab-Quijano, V.; Villanueva-Couoh, E. (2015). Ácido salicílico estimula la floración en plantas micropropagadas de gloxinia. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):115-118. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773802015000200001&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773802015000200001&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Martín, R.; Larqué-Saavedra, A.; Vergara-Yoisura, S.; Uicab-Quijano, V.; Villanueva-Couoh, E. (2015). Ácido salicílico estimula la floración en plantas micropropagadas de gloxinia. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2):115-118.
- Martínez (1996). Innovación Tecnológica para eficientar el rendimiento en la cosecha de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) Folleto técnico No. 1. INIFIFAP, SARH, Guadalajara Jalisco, México, 12p.
- Martínez, J. R. R. (2008). Viveros forestales. Manual de cultivo y proyectos (2.a ed., pp 110). Mundi-Prensa Libros. <https://es.scribd.com/document/458289581/Viveros-forestales-manual-de-cultivo-y-proyectos-Pg-3-112>

- Martín-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, A., y Larqué-Saavedra, A. (2013). Potential benefits of salicylic acid in food production. *SALICYLIC ACID: Plant Growth and Development*, 299-313.
- Medeiros, A. P. S. R., Mendonça, A. F. J., Barros, S. T., Nogueira, N. W., & Oliveira, R. M. F. (2015). Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Revista Ciência Agronômica*, 46(3):638-644. <http://doi.org/10.5935/1806-6690.20150048>
- Mejía Pérez, M. A., Beltrán Mendiola, P. I., Pérez Negrete, D., Morales Rodríguez, C., Héctor Gordon Núñez Palenius, H. G. N. P., & Graciela María de la Luz Ruiz Aguilar, G. M. de la L. R. A. (2023). Sustratos y soluciones nutritivas en la producción de plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *JÓVENES EN LA CIENCIA*, (21): 1–8. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articulo/view/4089>
- Mena, E. A.; Olalde, V.; Fernández, K. y Serrato, R. (2013). Diferencias en la respuesta del maíz (*Zea mays*) a la inoculación con *Glomus cubense* (Rodr. Y. y Dalpé) y con un conglomerado de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). *Cultivos Tropicales*. 34:12-15. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362013000200002&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362013000200002&script=sci_arttext)
- Mendoza-Pedroza, S. I., Méndez-Gaona, E., Pérez-Cruz, K. U., Hernández-Livera, A., Escalante-Estrada, J. A. S., y Domínguez-Martínez, P. A. (2023). TAMAÑO DE SEMILLA Y SU EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4A):497-497.
- Miransari, M. y Smith D.L. (2014). Plant hormones and seed germination. *Environ. Exp. Bot.* 99, 110-121. Doi: 10.1016/j.envexpbot.2013.11.005

- Mishra S, S Upadhyay y RK Shukla. (2017). The Role of Strigolactones and Their Potential Cross-talk under Hostile Ecological Conditions in Plants. *Front Physiol.* (7):691.
- Mohammadi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y. & Heidari, G. (2011). A Review: Beneficial effects of the mycorrhizal fungi for plant growth. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1(9): 310-319. Obtenido de [http://www.textroad.com/pdf/JAEBS/J.%20Appl.%20Environ.%20Biol.%20Sci.,%201\(9\)310-319,%202011.pdf](http://www.textroad.com/pdf/JAEBS/J.%20Appl.%20Environ.%20Biol.%20Sci.,%201(9)310-319,%202011.pdf)
- Monroy, C. & Castillo, P. (2000). Plantas medicinales utilizadas en el estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas. Morelos, Universidad Autónoma del Estado de Morelos,
- Monroy, M. E.; Peña, C. B.; García, J. R.; Solano, E.; Campos, H. y García, E. (2017). Imbibición, viabilidad y vigor de semillas de cuatro especies de *Opuntia* con grado distinto de domesticación. *Agrociencia* 51(1): 27-42.
- Moreno Casasola, P. (1996). VIDA y OBRA DE GRANOS y SEMILLAS (1.a ed.). Fondo de Cultura Económica. <https://biblioteca.org.ar/libros-mexico/sep%20ciencia/vidayob.htm>
- Moreno, M. E. (1993). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología, UNAM. México, 393 pp.
- Navarro, F., & DE DIOS, J. (2012). Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. *Bioscripts*.
- Navarro, M., G. Febles, and R.S. Herrera. (2015). Vigor: essential element for seed quality. *Cuban J. Agric. Sci.* 49 (4):447-458.
- Nery, M. C. Ruzfebles, M. (2018) (s/f). MANUAL DE PRÁCTICA DE LA ASIGNATURA DE NUTRICION VEGETAL. <http://www.ittizimin.edu.mx/archivos/man-prac-agro/Manual-nutricion-vegetal.pdf>
- Normanly J (2010) Approaching cellular and molecular resolution of auxin biosynthesis and metabolism. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 2:a001594:1-19.

- Ocampo, V. R. V. G., Malda B, G. X y Suarez, R. G. (2010). Biología reproductiva del orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK) en tres condiciones de aprovechamiento. Agro ciencia. (43): 475-482.
- Olhagaray, E., Serrato, R., Del Río, F. y Casas, A. (2005). "Cuantificación de orégano (*Lippia berlandieri* Schawer) en diez localidades del municipio de Nazas, Durango, México". 2.a Reunión Nacional sobre Orégano. Centro de Investigación para los Recursos Naturales, Saltaices, Chihuahua, México, 25-26 de febrero de 2005.
- Olhagaray, R. E., F. Vega y J. J. Espinoza. (2011). Comercialización del orégano en el municipio de Nazas, Durango, México. En: Pérez S. G., M. González, G. Alejandro y M. C. González (Compiladores). El orégano mexicano: estado actual del conocimiento. pp. 51-62. Ed. Artes Gráficas la Impresora "La Casa Editorial de Durango" Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN). Durango, Durango. México.
- Olivera Martínez, J. A. (2021). Nutrición vegetal. studocu, de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-comitancillo/fisiologia-vegetal/nutricion-vegetal-jorge-arturo-olivera-martinez-5-a-agronomia/18431659>
- Orozco, G; Muñoz, H; Villaseñor, F; Rueda, A; Sigala, JA; Prieto, JA. (2010). Diagnóstico de calidad de planta en los viveros del estado de Colima. Michoacán, México, INIFAP. 60 p. Folleto técnico, n.º 1. <http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/641>
- Ortega-Nieblas M. M., McCaughey-Espinoza D., Robles-Burgueño M. del R., Borboa-Flores y Corella R.A., (2008) Material vegetal, germinación y aspectos agronómicos del oregano (*Lippia palmeri* W.) Tercera Reunión Nacional de orégano. Saltillo, Coahuila, México. Edición especial No. 1.
- Paiva, E., Torres, B., Almeida, J., Da Silva, F., y Torquato, R. (2017). Tetrazolium test for the viability of gherkin seeds. Revista Ciência Agronômica, 48(1): 118-124.

- Paredes, C. H. (2007). Bioquímica de la germinación. [en línea] Monografías.com. Agricultura y ganadería. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos59/bioquimicagerminacion/bioquimica-germinacion2.shtml>
- Pascual, M. E.; Slowing, K.; Carretero, E.; Sánchez, M. D. & Villar, A. (2001). *Lippia*: Traditional uses, chemistry and pharmacology: A review. J. Ethnopharmacol., (76):201-14.
- Patiño F., De la Garza, Y. Villagómez, I. Talavera y F. Camacho. (1983). Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaria Forestal. Boletín Divulgativo N (63): 181 p.
- Patiño-Torres, C. O., y Sanclemente-Reyes, O. E. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado*, 10(2), pp 288-297. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190038032014000200018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190038032014000200018&script=sci_arttext)
- Paucar Menacho, Dra. L. M. (2013). Tecnología de granos y semillas: Anatomía, Morfología y Fisiología de Granos y Semillas [Diapositivas]. [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/tercera clase %5Bmodo de compatibilidad%5D.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/tercera%20clase%20de%20compatibilidad%20D.pdf)
- PENA-VALDIVIA, C. B., TREJO, C., CELIS-VELAZQUEZ, R., y LOPEZ ORDAZ, A. (2013). Reacción del frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris* L.) a la profundidad de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(1): 89-102. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342013000100007&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342013000100007&script=sci_abstract&tlng=pt)
- Peng, X., Zhao, W., Wang, Y., Dai, K., Cen, Y., Liu, Z., y Zheng, Y. (2020). Enhancement of gibberellic acid production from *Fusarium fujikuroi* by mutation breeding and glycerol addition. *3 Biotech*, 10(312): 1-10. doi: <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02303-4>

- Pietta, P. G. (2000) Flavonoids as Antioxidants. J. Nat. Prod., 63:1035-42.
- Prieto R., J. A., G. Vera C. y E. Merlín B. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Primera reimpression. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, Dgo., México Folleto Técnico Núm. 12. 24 p.
- Prieto Ruiz, J. Á., García Rodríguez, J. L., Mejía Bojórquez, J. M., Huchín Alarcón, S., & Aguilar Vitela, J. L. 2009. Producción de planta del genero *Pinus* en vivero en clima templado frio (1.a ed., Vol. 28). Publicación Especial Núm. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. México. 47 p  
<http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20Produccion%20de%20planta%20de%20Pinus%20en%20vivero.pdf>
- Prisco, J. T.; Haddad, C. R. y Bas-tos, J. L. P. (1992). Hydration-dehydrationseed pre-treatment and its effectson seed germination under waterstress conditions. Rev. Brasil. Bot., 1(15): 31-35.
- Pulido, D. (2018). ¿Cuál es la importancia de aplicar una nutrición balaceada a tus cultivos? | Yara México. Yara México. Recuperado 23 de agosto de 2023, de <https://www.yara.com.mx/noticias-y-eventos/noticias-mexico/la-importancia-de-aplicar-una-nutricion-balaceada-a-tus-cultivos/>
- Pywell, R. F., Bullock, J. M., Roy, D. B., Warman, L. I. Z., Walker, K. J., y Rothery, P. (2003). Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. Journal of applied Ecology, 40(1): 65-77.
- Grajales, K. M. (2022). Reserva de la Biosfera Mapimí (México): valles, sierras, lagunas y hasta un desierto. Revista Quercus., [https://www.revistaquercus.es/noticia/8202/latinoamerica/reserva-de-la-biosfera-mapimi-mexico:-valles-sierras-lagunas-y-hasta-un-desierto.html#:~:text=La%20vegetaci%C3%B3n%20de%20Mapim%C3%A](https://www.revistaquercus.es/noticia/8202/latinoamerica/reserva-de-la-biosfera-mapimi-mexico:-valles-sierras-lagunas-y-hasta-un-desierto.html#:~:text=La%20vegetaci%C3%B3n%20de%20Mapim%C3%A9xico%20consiste,hasta%20cuatro%20metros%20de%20altura)



- Quintero D. A., Gutiérrez G. A. (1991). Manual para la identificación de los oréganos mexicanos. En: Estado Actual del conocimiento sobre el orégano en México. Bermejillo, Dgo, pp 268-274.
- Quiroz Velásquez, J. D. C., Reyes Lara, M., García Olivares, J. G., Salazar Bravo, A., Bazán Cruz, B. E., Hernández Mendoza, J. L. (2016). Factores climáticos, geográficos y fisiográficos que contribuyen a la distribución potencial del óregano (*Lippia* spp.) en México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número (69): 21-25.
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., Casanova, K y Soto, H. (2009). Calidad de planta y certificación. Centro tecnológico de la planta forestal. 5 p
- Radjacommare, C.; Venkatesan, S.; Samyappan, R. (2010). Biological control of phytopathogenic fungi of vanilla through lytic action of *Trichoderma* sp. and *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology and Plant Protection*. 43(1):1 - 17. <https://doi.org/10.1080/03235400701650494>
- Ramírez, C. A. y Rodríguez, D. A. (2004). Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ramos-Huapaya, A. E., & Lombardi-Indacochea, I. R. (2020). Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: estudio de caso con “*Eucalipto urograndis*”. *Revista forestal del Perú*, 35(2): 132-145. <https://doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581>
- Rehman M. W., M. Hussain, M. Ali, C. B. Mustafa, J. Shafi y F. Iqbal (2013) Allelopathy of Brassica. A review. *Scientia Agriculturae* 1:222-229.
- Renault, H., Werck-Reichhart, D., & Weng, J. K. (2019). Harnessing lignin evolution for biotechnological applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 105-111. doi: 10.1016/j.copbio.2018.10.011
- Reyes Tena, A., Quiñones Aguilar, E. E., Rincón Enríquez, G., y López Pérez, L. (2016). Micorrización en *Capsicum annum* L. para promoción de

crecimiento y bioprotección contra *Phytophthora capsici* L. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(4): 857-870.

- Reyes-Reyes, J., Rodríguez-Morales, J. A., Pimienta De La Torre, D. D. J., Fuentes Pérez, M. A., Aguirre Medina, J. F., y Merino García, A. (2022). Diagnóstico de la calidad de planta en el vivero forestal El Campanario, Tuxtla Chico, Chiapas. (17th ed., Vols. 29–37) [Ecuba]. <http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/207/192>
- Richards, D.E., K.E. King, T. Ait-ali y N.P. Harberd. (2001). How gibberellin regulates plant growth and development: a molecular genetic analysis of gibberellin signaling. *Ann. Rev. plant physiol. plant Mol. Biol.* (52): 67-88.
- Rico, A., Pérez, R., (2013) Química, Segundo Curso para Estudiantes del Bachillerato del CCH. CCH-UNAM. México.
- Rionda R., J. I., M. C. Zúñiga H., V. Y. Lomelí C., C. Cruz H. y C. A. Vallego A. (2006). Impacto de las políticas públicas en la calidad de vida de la población. En: *La marginación en México*. [www.eumed.net/libros/2006b/jirr-08](http://www.eumed.net/libros/2006b/jirr-08) ISBN: 84-690- 0668-1.
- Rivas-San Vicente, M., y Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of experimental botany*, 62(10): 3321-3338.
- Rivera G., Bocanegra-García V., Monge A. (2010). Traditional Plants as Source of Fundamental Foods: A Review. *CyTA-Journal of Food* 8: 159-167. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476330903322978>
- Rivera, A. P. T., Ortega-Cuadros, M., Melo-Ríos, A. E., y Mier-Giraldo, H. J. (2017). Vigilancia tecnológica de plantas aromáticas: De la investigación a la consolidación de la agrocadena colombiana. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2): 353. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num2\\_art:636](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:636)
- Rivero-Cruz, I., Duarte, G., Navarrete, A., Bye, R., Linares, E., y Mata, R. (2011). Chemical Composition and Antimicrobial and Spasmolytic Properties of *Poliomintha longiflora* and *Lippia graveolens* Essential Oils\*\*. *Journal of*

Food Science, 76(2): C309–C317. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.02022.x>

- Rodríguez, C. (2013). Evaluación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad santa clara, aislados de residuos lignocelulósicos de higuera (*Ricinus communis*). Rev. Tec. Agro. 24(II):23 - 31 <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/578>
- Rodríguez-Larramendi, L.; González-Ramírez, M.; Gómez-Rincón, A.; Guevara-Hernández, F.; Salas-Marina, M. y Gordillo-Curiel, A. (2017). Efectos del ácido salicílico en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Facult. Agron. 34 (3):253-269.
- Rosatto, L., Castellanos, L., Caione, G., De Mello, R., (2014). Solubilización de fuentes de fósforo asociadas a un compuesto orgánico enriquecido con biofertilizantes. Agrocienza, 48 (5): 489-500.
- Rosental, L., H. Nonogaki, and A. Fait. (2014). Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. Seed Science Research 24(1):1-15.
- Rueda, R. M. (2015). Verbenaceae. 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.
- SADER. (2020). Micorriza, una alternativa sustentable de fertilización. gob.mx. Recuperado 11 de agosto de 2023, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/micorriza-una-alternativa-sustentable-de-produccion>
- SADER. (2020). Micorriza, una alternativa sustentable de fertilización. gob.mx. Recuperado 6 de mayo de 2024, de [https://www.gob.mx/agricultura/articulos/micorriza-una-alternativa-sustentable-de-produccion#:~:text=Las%20micorrizas%20\(del%20griego%20myces,fertiliza](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/micorriza-una-alternativa-sustentable-de-produccion#:~:text=Las%20micorrizas%20(del%20griego%20myces,fertiliza)

ntes%2C%20mejorando%20la%20producci%C3%B3n%20agr%C3%ADcol  
a

- SADER-INIFAP, (2022) Infoagro, & Infoagro. 2022. ¿Qué es la solución Steiner? [PDF]. InfoAgronomo, de <https://infoagronomo.net/que-es-la-solucion-steiner/>
- Saenz MA, A Blanco, E Monge, J Val. (2001). Caracterización de la deficiencia de calcio en plantas de tomate utilizando parámetros fisiológicos. ITEA 97(1): 26-38.
- Sáenz Reyes, J. T., Muñoz Flores, H. J., Pérez D., C. M. Á., Rueda Sánchez, A., y Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero «Morelia», estado de Michoacán. *Rev. mex. de cienc. forestales*, 5(26). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322014000600008&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322014000600008&script=sci_arttext)
- Sáenz, R., J., T., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S. y J. A. Prieto R. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Center. Campo Experimental. Uruapan, Mich., México. Folleto Técnico Núm. 17. 19 p.
- SAGARPA. (2013). Comunicado de prensa. Crea INIFAP nueva tecnología para la producción de orégano resistente a fenómenos climáticos. México, D.F <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B033>
- Salazar M, S. A; Maldonado, Hanner A; Quintero C, J.D. (2018). Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 22, núm. 3, Universidad de Colima, México <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83758178005>
- Salazar, S., Quintero, J. y Rojas, J. (2020). Optimization of the tetrazolium test in three species of orchids of the Andean forest. Australian Journal of Crop, 14(05): 822-830.

- Salazar, S., y Botello, E. (2018). Viabilidad de semillas de glycine max (L.) utilizando la prueba de tetrazolio. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2): 89-98. doi: 10.22490/21456453.2270.
- Sánchez Salas, J.; Jurado Ybarra, E.; Pando Moreno, M.; Flores Rivas, J.; Muro Pérez, G. (2010). ESTRATEGIAS GERMINATIVAS DE LAS SEMILLAS EN AMBIENTES ÁRIDOS *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. IX, núm. 1, 2010, pp. 35-38 Universidad Autónoma Chapingo Durango, México. De <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545062006.pdf>
- Sánchez, A. F. J., De Dios Benavides Solorio, J., Prieto-Ruiz, J. Á., Reyez, J. T. S., Orozco-Gutiérrez, G., y Castaneda, A. R. (2018). CALIDAD DE PLANTA PRODUCIDA EN LOS VIVEROS FORESTALES DE JALISCO. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(14): 071-082. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i14.475>
- Sánchez, L. M. R., Trujillo, M. M. P., Jiménez, P., Giraldo, H. H., & Ramírez, E. G. (2011). Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano (*Origanum vulgare*: Lamiaceae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(2): 242-259.
- Santamaria M. E., M. Martínez, I. Cambra, V. Grbic and I. Diaz (2013) Understanding plant defense responses against herbivore attacks: an essential first step towards the development of sustainable resistance against pests. *Transgenic*, <https://doi.org/10.1007/s11248-013-9725-4Ur>
- Sawma JT, Mohler CL. (2002). Evaluating Seed Viability by an Unimbibed Seed Crush Test in Comparison with the Tetrazolium Test 1. *Weed Technol.* 16(4):781-786. doi: 10.1614/0890-037X(2002)016[0781:ESVBAU]2.0.CO;2
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA, (2014). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Secretaria De Turismo. (2019). Mapimí, Durango. Gob.mx. Retrieved July 21, 2023, from <https://www.gob.mx/sectur/articulos/mapimi->

[durango#:~:text=Mapim%C3%AD%20significa%20%E2%80%9Cpiedra%20en%20alto,quienes%20enfrentaron%20a%20los%20ind%C3%ADgenas.](#)

- Segovia, C. S. J., Quintana, Y. G., Rubio, J. P. G., Crespo, Y. A., Pérez, Y. L., & Morales, A. (2019). Efecto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* en condiciones de vivero. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 8(1): 40-51.
- SEMARNAT. (2015). Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables Árido, Tropical y Templado. [Http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo de recursos forestales M y N.pdf](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Catalogo%20de%20recursos%20forestales%20M%20y%20N.pdf).
- SEMARNAT. (2021). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2018 (1st ed., Vols. 143–144). <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2021/2018.pdf>
- Senilliani, M. G., Guzmán, A., Alvarez, P., & Brassiolo, M. (2022). ¿ Una fase de endurecimiento más prolongada mejora la calidad de planta en *Prosopis alba* Griseb?. *Madera y bosques*, 28(1).
- Shavandi, A., Haddadian, R.Z., Ismail, M.H.S. y Hussain, D.I. (2014). *Eryngium foetidum* L., *Coriandrum sativum* and *Persicaria odorata* L.: A Review. *Journal of Asian Scientific Research*, 2(8), 410-426. [https://www.researchgate.net/publication/279851727\\_Eryngium\\_Foetidum\\_L\\_Coriandrum\\_Sativum\\_Persicaria\\_Odorata\\_L\\_-\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/279851727_Eryngium_Foetidum_L_Coriandrum_Sativum_Persicaria_Odorata_L_-_A_Review)
- Sma (Secretaria de Medio ambiente). (2020). Catálogo de Semillas Forestales del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila. Secretaria de Medio Ambiente. <https://sma.gob.mx/>
- Smith, S. y D. Read. (2010). *Mycorrhiza I Symbiosis* . 3rd. ed. Elsevier. London, UK. 803 pp. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>

- Soto Domínguez, A., García-Garza, R., Ramírez Casas, Y., Morán Martínez, J., Serrano Gallardo, L. B. (2012). El Extracto Acuoso de Orégano (*Lippia graveolens* HBK) del Norte de México Tiene Actividad Antioxidante sin Mostrar un Efecto Tóxico *in vitro* e *in vivo*. *International Journal of Morphology*, 30(3): 937-944. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000300029>
- Soto, J. A. P., Acosta, H. P., & Orduño-Cruz, N. (2022). Análisis del ácido giberélico desde la cartografía conceptual con enfoque bioético y sustentable. *Acta Universitaria*, 32: 1-18. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3420>
- Soto-Domínguez, A., García-Garza, R., Ramírez-Casas, Y., Morán-Martínez, J., Serrano-Gallardo, L. B. (2012). El Extracto Acuoso de Orégano (*Lippia graveolens* HBK) del Norte de México Tiene Actividad Antioxidante sin Mostrar un Efecto Tóxico *in vitro* e *in vivo*. *International Journal of Morphology*, 30(3): 937-944. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000300029>
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* (15): 134-154.
- Steiner, A. A. (1968). Soilles culture. pp. 324-341. In: *Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute*. Florence, Italy.
- Sun, T. y F. gubler. (2004). Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. *Ann. Rev. plant Biol.* (55):197-223.
- Taiz L, Zeiger E (2010) Mineral nutrition. En *Plant Physiology*. 5a ed. Sinauer. Sunderland, MA, EEUU. pp 74-82.
- Taiz, L. y E. Zeiger. (2006). *Plant physiology*. 4th ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.
- Tanveer M, Shahzad B, Sharma A, Biju S, Bhardwaj R. (2018) Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: A review. *Plant Physiology and Biochemistry*. (130):69-79.

- Terry A, E., Leyva, Á., y Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Rev. Colomb. Biotecnol., (7): 47-54. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistacolombianadebiotecnologia/2005/vol7/no2/6.pdf>
- Tiburcio, A. F., Altabella, T., Bitrián, M., y Alcázar, R. (2014). The roles of polyamines during the lifespan of plants: from development to stress PA-dependent transcriptional and translational modulation of genes and transcripts, and posttranslational modifications of proteins. *Planta*, 240, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2055-9>
- Tillmann, M. A. A., de Mello V. D. C y Rota G. R. M. (2003) Análise de sementes. In: Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos. T. S. Peske, M. D. Rosenthal e G. R. M. Rota Editora Rua. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. pp: 138-223.
- Tinoco, L. J.; Ramírez, R. O. (2014). Evaluación de la influencia de la fertilización en el vivero sobre la calidad de la planta de *Pinus oocarpa* Schiede y de su desarrollo inicial en plantación. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.
- Torres, A. (2010). Micorrizas: antigua interacción entre plantas y hongos. *Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias*, 61(4): 84-90. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_4/PDF/11\\_MICORRIZAS.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_4/PDF/11_MICORRIZAS.pdf)
- Torres-Morán, M. I., Ríos-Villaseñor, L. G., de Luna-Vega, A., Torres-Morán, J. P., y Rodríguez-Ponce, A. K. (2019). INFLUENCIA DE DOS COMPOSTAS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) Y ORÉGANO SILVESTRE (*Lippia graveolens* Kunth). *e-CUCBA*, (12): 60-67.
- Trujillo, N. E., (2015). Plantación forestal: Planeación para el éxito. Disponible en: [http://elsemillero.net/pdf/plantaciones\\_forestales.pdf](http://elsemillero.net/pdf/plantaciones_forestales.pdf).



- Turk, M. A., Assaf, T. A., Hameed, K. M., & Al-Tawaha, A. M. (2006). Significance of mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(1): 16-20.
- Valdés-Oyervides, F. J. (2012). "Efecto de estrés inducido con NaCl, Cu<sup>2+</sup> y Fe<sup>2+</sup> en biomasa, timol, carvacrol y prolina en orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK)." Universidad Autónoma de Nuevo León/Facultad de Ciencias Biológicas/Subdirección de Posgrado: 57-58
- Valenzuela-López, M., L. Partida-Ruvalcaba, T. Díaz-Valdés, T. Velázquez-Alcaraz, G. Bojórquez-Bojórquez y T. Enciso-Osuna. (2014). Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato humus de lombriz-fibra de coco. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* (5): 807-818.
- Vanneste S, Friml J (2009) Auxin: a trigger for change in plant development. *Cell* (136):1005-1016.
- Vázquez-Vázquez, C., Ojeda-Mijares, G. I., Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., & Antonio-González, J. (2015). Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fitoquímica. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(8): 1833-1844.
- Vélez, R. (2021). Información de Mapimí: Historia, turismo, tradiciones y más. Descubre México. <https://descubreenmexico.com/informacion-de-mapimi-historia-turismo-tradiciones-y-mas/>
- Victoria T, J. A. (2006). Viabilidad en tetrazolio de semillas de caléndula y eneldo. *Acta Agronómica*, 55(1): 31–41. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/193](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/193)
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Arreola-Ávila, J. G., Inzunza-Ibarra, M. A., & Román-López, A. (2011). Influencia de la frecuencia del riego en el crecimiento de orégano (*Lippia graveolens* HKB). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, (17): 183-193. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.10.088
- Villalón-Mendoza, H. (2016). Indicadores de calidad de la planta de *Quercus canby* Trel. (Encino) en vivero forestal. *Revista Latinoamericana De*

Recursos Naturales, 12(1): 46–52.  
<http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/download/250/185>

- Villalón-Mendoza, H; Ramos-Reyes, JC; Vega-López, JA; Marino, B; Muños-Palomino, MA; Garza-Ocañas, F. (2016). Indicadores de calidad de la planta de *Quercus canby* Trel. (encino) en vivero forestal. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 12(1):46-52.  
<https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/250>
- 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. De <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/850.pdf>
- Vishwakarma, K., Upadhyay, N., Kumar, N., Yadav, G., Singh, J., Mishra, R. K., Kumar, V., Verma, R., Upadhyay, R. G., Pandey, M. y Sharma, S. (2017). Abscisic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and prospects. *Frontiers in Plant Science*, (8): 161.
- Whitehouse, K., Hay, F. y Lusty, C. (2020). «Why seed physiology is important for genebanking». *Plants*, 9(5): 584. Disponible en: <http://doi.org/10.3390/plants9050584> Cargua Chávez, J. et al. <https://doi.org/10.3390/plants9050584>
- Xu, Y. W., Zou, Y. T., Husaini, A. M., Zeng, J. W., Guan, L. L., Liu, Q., y Wu, W. (2011). Optimization of potassium for proper growth and physiological response of *Houttuynia cordata* Thunb. *Environmental and experimental botany*, 71(2): 292-297.
- Zhang, D. (2014). *Abscisic Acid: Metabolism, Transport and Signaling*. New York, NY: Springer.
- Zhen, Z., Liu, H., Wang, N., Guo, L., Meng, J., Ding, N y Jiang, G. (2014). Effects of manure compost application on soil microbial community diversity and soil microenvironments in a temperate cropland in China. *PloS one*, 9(10): e108555.

- Zulueta-Rodríguez, R., Valerio-Landa, S. D., Murillo-Amador, B., Lara-Capistrán, L., Reyes-Pérez, J. J., & Hernández-Montiel, L. G. (2016). Influencia de micorrizas arbusculares en el crecimiento y cambios fisiológicos de la albahaca dulce bajo invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (17): 3557-3568.

## X. ANEXOS

Cuadro 16. Ensayo 2. Determinar la calidad física de la semilla (análisis de pureza (P), peso de 1000 semillas (PMS) y peso volumétrico (PV). ANOVA de peso de mil semillas

	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean.Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(F)</b>
Peso de mil semillas	0.000599	0.000299	1.211	0.332

Cuadro 17. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación). ANOVA de Prueba de viabilidad en semillas de *Lippia Graveolens* Kunth

	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean.Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(F)</b>
Viables	4704	4704	44.65823	0.002607
No viables	4704	4704	44.65823	0.002607

Cuadro 18. Ensayo 3. Determinar la calidad fisiológica (viabilidad y germinación). ANOVA de Días de emergencia (dde) y porcentaje de germinación en oregano (*Lippia graveolens* Kunth).

	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Valor de F</b>	<b>Valor de p</b>
D7	84.830	21.207	3.272	0.058454
D14	642.658	160.664	5.481	0.013369
D21	1600.206	400.051	7.263	0.005195
D28	1749.495	437.374	6.949	0.006063
D35	2064.880	516.220	13.968	0.000423
D42	2066.368	516.592	19.200	0.000110

Cuadro 19. ANOVA. Ensayo 4. Crecimiento vegetativo en plántulas de *Lippia graveolens* Kunth

	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean.Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(F)</b>
Lr	1.246	0.312	12.019	0.00078
Af	2.856	0.714	10.611	0.00127
Ne	5.637	1.409	8.708	0.00270
Nh	21.444	5.361	29.669	1.59E-05

Cuadro 20. Ensayo 5. ANOVA del Efecto de la fertilización con la solución nutritiva Steiner en etapa 1 de crecimiento vegetativo de orégano.

	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean.Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(F)</b>
Lr	42.06571	10.5164267	23.76988	4.31e <sup>-05</sup>
At	39.6159	9.9039761	58.34901	6.78e <sup>-07</sup>
Dc	8.909969	2.2274923	18.11438	0.000141
Ne	34.99377	8.7484433	49.08605	1.54e <sup>-06</sup>
Nh	118.555	29.6387577	30.7675	1.35e <sup>-05</sup>

Cuadro 21. Ensayo 5. ANOVA del Peso fresco y seco de plántulas de *Lippia graveolens* Kunth.

	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean.Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(F)</b>
Pfr	0.0041316	0.0010329	1032.9	4.91e <sup>-13</sup>
Pfta	8.74E-04	2.19E-04	131.14	1.35e <sup>-08</sup>
Pft	6.64E-03	1.66E-03	452.5273	2.99e-11
Psr	0.0001404	3.51E-05	15.95455	0.000243
Psta	6.43E-05	1.61E-05	18.53846	0.000128
Pst	2.02E-04	5.06E-05	11.3209	0.000987

Cuadro 22. Ensayo 6. ANOVA del Índices de calidad de planta (Lignificación, Dickson y Relación peso seco) de plántulas de *Lippia graveolens* Kunth.

	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean.Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(F)</b>
IL	295.1401	73.78503	69.49703	2.94e <sup>-07</sup>
ICD	5.61E-06	1.40E-06	10.62861	0.0012639
R PSR/PST	35.57194	8.892985	7.046519	0.005777