



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO  
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**“EXTRACCIÓN DE ANTIOXIDANTES CON DIFERENTES TÉCNICAS EN EL SISTEMA FOLIAR DE HIERBABUENA (*Mentha spicata* L.) Y ORÉGANO (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng) CULTIVADOS BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA**

PRESENTA

**TAMARA YEDIH DE LOS SANTOS JERONIMO**

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DRA. HORTENSIA BRITO VEGA

EN CODIRECCIÓN DE:

DR. EDMUNDO GÓMEZ MÉNDEZ

**VILLAHERMOSA, TABASCO, A: 10 DE SEPTIEMBRE DE 2025**

## Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Villahermosa, el día 10 del mes de septiembre del año 2025, el que suscribe, la C. Tamara Yedih De Los Santos Jeronimo, egresada del Programa de Ingeniería en Agronomía con número de matrícula 182C25027, adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuaria, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autora de la Tesis presentada para la obtención del título de Licenciada en Ingeniería en Agronomía, titulada “EXTRACCIÓN DE ANTIOXIDANTES CON DIFERENTES TÉCNICAS EN EL SISTEMA FOLIAR DE HIERBABUENA (*Mentha spicata* L.) Y ORÉGANO (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng) CULTIVADOS BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO” y dirigida por la Dra. Hortensia Brito Vega y el Dr. Edmundo Gómez Méndez.

### DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita. Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Villahermosa, Tabasco a 10 de septiembre 2025.

Nombre y Firma



---

C. Tamara Yedih De Los Santos Jeronimo



**UJAT**

UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



División  
Académica de  
Ciencias  
Agropecuarias



**2025**  
AÑO DE LA  
**Mujer**  
Indígena

**COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES**

**Asunto:** Autorización de impresión  
de Trabajo Recepcional.

**Fecha:** 10 de septiembre de 2025.

**LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON**  
**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y**  
**TITULACIÓN DE LA UJAT.**  
**P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), informo que con base en el artículo 113 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** a la **C. Tamara Yedih de los Santos Jerónimo** con matrícula **182C25027**, egresado(a) de la Licenciatura de **Ingeniería en Agronomía** de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su Trabajo Recepcional** bajo la modalidad de **Tesis**, titulado: **“EXTRACCIÓN DE ANTIOXIDANTES CON DIFERENTES TECNICAS EN EL SISTEMA FOLIAR DE HIERBABUENA (*Menta spicata* L.) y orégano (*Plectranthus amboinicus* Lor) CULTIVADO BAJO UN SISTEMA HIDRÓPONICO”**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**

**M.V.Z. JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ**  
**DIRECTOR**

U.J.A.T.



DIVISION ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DIRECCIÓN

C.c.p.- Archivo

## Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 10 de septiembre de 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTORA en la producción, creación y/o realización de la obra denominada “EXTRACCIÓN DE ANTIOXIDANTES CON DIFERENTES TÉCNICAS EN EL SISTEMA FOLIAR DE HIERBABUENA (*Mentha spicata* L.) Y ORÉGANO (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng) CULTIVADOS BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO”.

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.


### COLABORADORES



---

C. Tamara Yedih De Los Santos Jeronimo

### TESTIGOS



---

Dra. Hortensia Brito Vega



---

Dr. Edmundo Gómez MÉNDEZ

## Dedicatoria

**A dios.** Por bríndame salud, paciencia y la sabiduría necesaria para alcanzar cada uno de mis objetivos. Gracias por poner en mi camino a las personas indicadas, en el momento justo ni antes ni después.

A mis padres Sra. Martha del Carmen Jeronimo Hernández y Sr. Héctor Manuel De Los Santos Hernández. Gracias por amarme sin condiciones, por ser mi raíz mi refugio. Desde los 12 años me permitieron elegir mi propio camino, confiado en mi corazón y en mis sueños, aun cuando eso significaba soltarme un poco. Sé que no fue fácil, pero lo hicieron con valentía y ese amor que no exige, que acompaña. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia de la constancia, y por mostrarme que rendirse nunca es opción cuando se tiene propósito. Por eso que bonito es saber que siempre estás ahí en cada paso de mi vida.

A mis hermanos Jesús Leonardos y Héctor Arceli, gracias por ser mi sostén en los momentos de duda. Gracias por respetar mis decisiones, por animarme a seguir adelante incluso cuando todo parecía cuesta arriba, y por esta ahí, con ese amor silencioso pero firme que solo los hermanos saben dar.

A mis hermanas Luz Yadira y Britania Yuleidi, pilares de amor en mi vida. A Yadira, gracias por tu amor incondicional, por acompañarme con paciencia y ternura en este largo proceso académico, y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más silenciosos. La más pequeña de la casa Tania, pero con un corazón inmenso. Gracias por caminar a mi lado en esta etapa universitaria por tú compañía silenciosa pero siempre presente en este proyecto. Gracias por tu amor constante, por cuidarme como solo tú sabes hacerlo, por recordarme que no estoy sola, y por creer en mi incluso cuando yo dudaba. Gracias por ser mi hermana, mi cómplice y mi fuerza en este camino. Las llevo conmigo en cada logro, porque este camino también lo hemos recorrido juntas.

A mis sobrinos (a), Jade, Alma, Iker, Ildi, Axel, Gabriel, Naomi y Martí. Son los más valioso que tengo en esta vida. Su alegría y espontaneidad me inspiran a seguir adelante con esperanza y entusiasmo.

## Agradecimientos

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACA-UJAT), por el apoyo brindado a lo largo de mi formación, especialmente a través del Verano de Investigación Científica y el servicio social, experiencias que enriquecieron profundamente mi desarrollo académico dentro de esta honorable casa de estudios.

De igual manera, agradezco al Proyecto Centro de Innovación, Reproducción y Preservación de Plantas Medicinales y Aromáticas Tropicales como Farmacias Verde Sustentable (UJAT-CA-PRODEP-273), por los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

A la Dra. Hortensia Brito Vega, directora de tesis, por permitirme colaborar con ella, por su valiosa asesoría, por constante motivación para no rendirme, por su apoyo incondicional y por compartir conmigo conocimientos esenciales que fueron clave para culminación de la tesis.

Al Dr. Edmundo Gómez Méndez, codirector de tesis, por brindarme su apoyo en campo en el sistema hidropónico, por compartir sus conocimientos, por su motivación constante durante el desarrollo del proyecto.

A la comisión revisora de este trabajo, conformado por los profesores Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello M.C. Jorge Tetumo García, Dr. José Manuel Salaya Domínguez, Dr. Rufo Sánchez Hernández y Dr. Efraín de la Cruz Lázaro, quienes no solo revisaron y orientaron la redacción de este documento, sino que también contribuyeron a mi formación profesional desde el aula.

## Agradecimiento Especial

Al Dr. Juan Guzmán Ceferino, por brindarme la oportunidad de formar parte de su laboratorio, así como por su orientación, dirección y facilitar los recursos necesarios para llevar a cabo el análisis correspondiente en la elaboración de esta tesis.

A mis queridas amigas Katia, Maritza y cristal, compañeras de ruta desde el primer día de esta carrera. Juntas compartimos risas que aún resuenan, momentos de alegría que nos llenaron el alma y también días de estrés que supimos enfrentar con valentía. Gracias por estar ahí en cada paso, por sus palabras de aliento cuando más las necesitaba, y por celebrar conmigo cada pequeño logro como si fuera el más grandes. Cada una de ustedes ha sido luz en este camino, y su amistad es uno de los regalos más valiosos que me deja esta etapa. Gracias por ser parte de este capítulo de mi vida.

A la Bióloga Kassandra Torres, por su apoyo incondicional a lo largo de esta investigación. Gracias por sus consejos sinceros, por su transparencia en cada palabra, y por la fuerza que me transmitió en los momentos en que todo parecía desmoronarse. Su presencia llegó justo cuando más la necesitaba. Hoy puedo decir con alegría que la vida me regalo una amiga. Gracias por cada conversación que me reconforto, y por invítame a vivir nuevas experiencias, como aquel primer viaje que marcó un antes y un después.

## Índice de contenido

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
TÍTULO:.....	XII
RESUMEN:.....	XII
ABSTRACT:.....	XV
PALABRA CLAVE:.....	XV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2. 1. HIERBABUENA.....	4
2. 1. 1. Taxonomía.....	5
2. 1. 2. Morfología.....	5
2. 1. 3. Requerimientos edafoclimáticos.....	5
2. 1. 4. Propagación vegetal.....	6
2. 1. 5. Crecimiento y desarrollo.....	6
2. 2. ORÉGANO.....	7
2. 2. 1. Taxonomía.....	8
2. 2. 2. Morfología.....	8
2. 2. 3. Requerimientos edafoclimáticos.....	9
2. 2. 4. Propagación.....	9
2. 2. 5. Crecimiento y desarrollo.....	10
2. 3. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	10
2. 4. POLIFENOLES.....	12
2. 4. 1. Flavonoides.....	13
2. 5. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN.....	13
2. 5. 1. Método Folin Ciocalteu de polifenoles totales.....	13
2. 5. 2. Método DPPH.....	14
2. 5. 3. Método ABTS.....	14
2. 5. 4. Método de vainillina de taninos.....	14
2. 7. HIDROPONÍA.....	14

2. 7. 1. Producción de plantas medicinales en sistemas hidropónicos.....	15
<b>III. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>V. HIPÓTESIS.....</b>	<b>19</b>
<b>VI. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
6. 1. OBJETIVO GENERAL.....	20
6. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>VII. METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
7. 1. UBICACIÓN.....	21
7. 2. MATERIAL VEGETAL .....	21
7. 3. SISTEMA DE RIEGO.....	22
7. 4. MACETA Y TRASPLANTE .....	22
7. 5. BIOMASA VEGETAL .....	22
7. 6. SECADO Y MOLIENDA DE LAS HOJAS .....	23
7. 7. ANÁLISIS FITOQUÍMICO .....	24
7. 7. 1. Preparación de extractos .....	24
7. 7. 2. Determinación de polifenoles totales.....	24
7. 7. 3. Determinación de DPPH.....	25
7. 7. 4. Determinación de ABTS.....	25
7. 7. 5. Determinación de flavonoides .....	25
7. 7. 6. Determinación de taninos .....	26
7. 8. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	27
7. 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
8.1. BIOMASA FOLIAR.....	28
8.1.1. Producción de biomasa hierbabuena.....	28
8.1.2. Producción de biomasa de orégano.....	29
<b>8. 2. ANÁLISIS FITOQUÍMICOS .....</b>	<b>30</b>

8. 2. 1. HIERBABUENA .....	30
8.2.2 ORÉGANO.....	32
<b>IX. DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>9.1 PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE HIERBABUENA .....</b>	<b>34</b>
<b>9.1.2 PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE ORÉGANO .....</b>	<b>35</b>
<b>9.2 ANÁLISIS FITOQUÍMICOS.....</b>	<b>36</b>
<b>9.2.1 HIERBABUENA.....</b>	<b>36</b>
<b>9.3 ORÉGANO.....</b>	<b>40</b>
<b>X. CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>XII. REFERENCIAS CITADAS.....</b>	<b>47</b>
<b>XII. ANEXOS .....</b>	<b>61</b>

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Requerimientos edafoclimáticos de la hierbabuena ( <i>M.spicata</i> ) para su producción.....	6
<b>Tabla 2.</b> Requerimientos edafoclimáticos de la orégano ( <i>Plectranthus amboinicus</i> ) para su producción.....	9
<b>Tabla 3.</b> Promedio de biomasa de peso húmedo y seco de los tres cortes de hierbabuena .....	28
<b>Tabla 4.</b> Promedio de biomasa de peso húmedo y seco de los tres cortes de orégano.....	29
<b>Tabla 5.</b> Promedio polifenoles, DPHH, ABTS, flavonoides y taninos de tres extractos de extracción y tres cortes en hierbabuena .....	31
<b>Tabla 6.</b> Promedio de polifenoles, DPHH, ABTS, flavonoides y taninos de tres extractos de extracción y tres cortes en orégano.....	33

**Título:** Extracción de antioxidantes con diferentes técnicas en el sistema foliar de hierbabuena (*Mentha spicata* L.) y orégano (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng) cultivados bajo un sistema hidropónico.

**RESUMEN:** Los cultivos de hierbabuena (*Mentha spicata*) y orégano (*Plectranthus amboinicus*) tienen importancias aromáticas y medicinal, así como en la industria por sus propiedades bioquímicas (antioxidante, polifenoles, flavonoides y taninos). El objetivo del estudio fue evaluar la actividad antioxidante con diferentes técnicas de extracción en el sistema foliar de *M. spicata* y *P. amboinicus* cultivados bajo un sistema hidropónico. El trasplante se realizó por esquejes en ambos cultivos de *M. spicata* y *P. amboinicus*. Se utilizaron bolsas de calibre 400 con un volumen de 15.14 litros, las cuales fueron llenadas con sustrato de tepetzil y bajo un sistema hidropónico. Las cosechas de *M. spicata* a los 60, 90 y 150; y *P. amboinicus* fueron a los 60, 90 y 135 días después del trasplante, respectivamente. En el material cosechado se determinó el peso fresco y peso seco en gramos por metro cuadrado. A las muestras deshidratadas fueron sometidas a análisis fitoquímicos para determinar la actividad antioxidante, así como el contenido de polifenoles, flavonoides y taninos en los tres cortes foliares. El diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo factorial (3x3), considerando como factor uno el extractante: etanol, metanol, y solución acuosa; y como factor dos el corte 1, corte 2, corte 3, dando como resultado, un total de 9 tratamientos. Los mejores rendimientos en *M. spicata* se obtuvieron en el segundo corte, con un promedio de 185 g/m<sup>2</sup> de peso fresco y 36 g/m<sup>2</sup> de peso seco. En *P. amboinicus* el tercer corte presentó los mayores valores de biomasa, con 1399 g/m<sup>2</sup> en peso fresco y 101 g/m<sup>2</sup> peso seco.

En cuanto a la actividad antioxidante, el extracto acuoso mostró los mejores resultados en ambos cultivos: en *M. spicata* se registraron valores de DPPH (72.80 %), ABTS (88.06 %) y taninos

(0.02  $\mu\text{g EQ/mg ms}$ ); mientras que en *P. amboinicus* se obtuvieron en DPPH (25.49 %), ABTS (55.81 %) y taninos (13.78  $\mu\text{g EQ/mg ms}$ ), respectivamente. Por otro lado, el extracto etanólico fue más eficiente en la extracción de polifenoles en *M. spicata* (1.51 mg EAG/g ms), y el metanólico en flavonoides (2.93 mg EC/g ms). En *P. amboinicus*, el extracto metanólico también presentó los mejores promedios en polifenoles (0.74 mg EAG/g ms) y flavonoides (1.16 mg EC/g ms).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

**Abstract:** Spearmint (*Mentha spicata*) and Cuban oregano (*Plectranthus amboinicus*) crops are of aromatic and medicinal importance, as well as in industry, due to their biochemical properties (antioxidant activity, polyphenols, flavonoids, and tannins). The objective of the study was to evaluate the antioxidant activity of the foliar system of *M. spicata* and *P. amboinicus* grown in a hydroponic system using different extraction techniques. Transplanting was carried out using cuttings in both *M. spicata* and *P. amboinicus* crops. 400-gauge bags with a volume of 15.14 liters were used, filled with tepetzil substrate and placed in a hydroponic system. The harvests of *M. spicata* at 60, 90, and 150 days; and of *P. amboinicus* at 60, 90, and 135 days after transplanting, respectively. In the harvested material, fresh weight and dry weight were determined in grams per square meter. The dehydrated samples were subjected to phytochemical analyzes to determine antioxidant activity, as well as the polyphenol, flavonoid, and tannin content in the three leaf cuts. The experimental design was completely randomized, with a 3×3 factorial arrangement, considering the extractant (ethanol, methanol, and aqueous solution) as factor one and the first, second, and third cuts as factor two, resulting in a total of nine treatments. The best yields in *M. spicata* were obtained in the second harvest, with an average of 185 g/m<sup>2</sup> fresh weight and 36 g/m<sup>2</sup> dry weight. In *P. amboinicus*, the third cut yielded the highest biomass values, with 1399 g/m<sup>2</sup> fresh weight and 101 g/m<sup>2</sup> dry weight.

Regarding antioxidant activity, the aqueous extract showed the best results in both crops: in *M. spicata*, DPPH (72.80%), ABTS (88.06%), and tannin (0.02 µg EQ/mg DW) values were recorded; while in *P. amboinicus*, DPPH (25.49%), ABTS (55.81%), and tannin (13.78 µg EQ/mg DW) values were obtained, respectively. On the other hand, the ethanolic extract was more efficient in extracting polyphenols from *M. spicata* (1.51 mg GAE/g DW), and the methanolic extract in extracting flavonoids (2.93 mg CE/g DW). In *P. amboinicus*, the methanol

extract also exhibited the highest mean polyphenol (0.74 mg GAE/g DW) and flavonoid (1.16 mg CE/g DW) contents.

**Palabra clave:** Hidropónico, antioxidante, plantas medicinales.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## I. INTRODUCCIÓN

El actual interés en el uso de las plantas aromáticas y medicinales se debe principalmente a la experiencia adquirida en las costumbres del hogar donde se ha tenido un contacto directo con este tipo de plantas. Esto ha permitido su utilización en remedios caseros para combatir enfermedades como la bronquitis, las náuseas, algunas afecciones hepáticas, trastornos respiratorios como el asma, el dolor de cabeza o la inflamación (López-Martínez et al., 2023). El conocimiento en el uso y manejo de las plantas medicinales para combatir las enfermedades humanas y animales ha sido transmitido a través de las generaciones (Gómez-Álvarez, 2012). Dentro de las plantas medicinales se encuentra la familia *Lamiaceae* que comprende entre 245 géneros y alrededor de 7,900 especies. Algunas de los géneros comerciales son *Plectranthus*, *Salvia*, *Ocimum* y *Mentha*. El género *Plectranthus* tiene un importante valor económico y medicinal. Se han reportado cerca de 300 especies en las regiones tropicales, así como en Asia, África y Australia (Arumugam et al., 2016). En este género se encuentra *P. amboinicus*, conocido comúnmente como orégano francés, borraja india, orégano de la tierra u orégano cubano. El cual es utilizado como condimento en los alimentos o para combatir enfermedades como el catarro o los dolores de garganta. Incluso se le confieren propiedades antiasmáticas (Domínguez-Barradas et al., 2015; Espinosa et al., 2017). Por otro lado, dentro del género *Mentha* encontramos a *M. spicata* conocida como hierbabuena o menta de jardín, originaria del sur de Europa y Norte de África (Pedraza y Henao, 2008). A nivel mundial tiene una importancia relevante dentro de la gastronomía y la perfumería por su intenso aroma, el cual contiene compuestos antioxidantes como los flavonoides, carvonenes, limonene, ácido rosmarínico y fenoles (Cano-Gallego et al., 2023).

Los antioxidantes son sustancias que pueden impedir de manera directa o indirecta las oxidaciones catalíticas y los procesos que inducen la formación de radicales libres en los alimentos, siendo a su vez, naturales o sintéticos. Los antioxidantes naturales se obtienen de las plantas, las frutas y otras fuentes naturales, por lo cual, se han vuelto importantes dentro de la industria de la salud y la alimentación humana. Estos incluyen el ácido ascórbico y la vitamina C en el citoplasma y otros compuestos como el  $\beta$ -caroteno o vitamina A y E en la membrana celular (Conde et al., 2012). Además, contienen compuestos como polifenoles, flavonoides, terpenos, esteroides y esterol, que cumplen funciones de defensa frente a factores abióticos y bióticos, y contribuyen a la subsistencia de las plantas (Hernández-Moreno et al., 2022).

Para *M. spicata* se reporta que tiene diferentes propiedades farmacológicas como actividad antibacteriana, antiparasitaria, antioxidante, analgésica, antidiabética y antiinflamatoria, debido a la presencia de compuestos fenólicos (Menyiy et al., 2022). Mientras que Flores et al. (2022) mencionan que en las hojas de hierbabuena se presenta una capacidad antioxidante de 40.505, a 50 ( $\mu$  moles ET /100g). Otros estudios han demostrado que el orégano contiene compuestos fenólicos como el timol y el carvacrol, que le atribuyen propiedades antisépticas, bactericidas y antioxidantes (León Méndez et al., 2015).

El sistema hidropónico constituye una alternativa eficiente al cultivo tradicional, al prescindir del suelo y proporcionar a las plantas una solución nutritiva en macro y micronutrientes esenciales para su desarrollo fisiológico. Diversos estudios han señalado que la aplicación de fertilizante o biofertilizantes en este sistema pueden favorecer el contenido de antioxidante, contenido de polifenoles y flavonoides, así como el mejoramiento en el crecimiento vegetal (Dasgan et al., 2023).

Por otra parte, la capacidad antioxidante se ha visto relacionada con relación al sistema de cultivo. Especies como la albahaca cultivada en hidroponía ha demostrado tener una mayor actividad antioxidante en comparación de forma convencional (Sarango et al., 2024). Por lo cual, la hidroponía se destaca como una técnica eficiente en la producción de hortalizas, cultivos ornamentales o plantas medicinales (Longar et al., 2013). Por lo anterior, se propone este trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la actividad antioxidante con diferentes técnicas de extracción en el sistema foliar de *M. spicata* y *P. amboinicus* cultivados bajo un sistema hidropónico.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2. 1. Hierbabuena

En Colombia, en los últimos años, las hierbas aromáticas han tenido un crecimiento en superficie cultivada e incrementando su producción foliar, la *M. spicata* obtiene un puesto importante por su mayor venta en el mercado interno y siendo un cultivo para exportación (Pedraza y Henao, 2008). Mientras que Romero et al. (2013) mencionan que en México la producción de hierbas aromáticas presenta un potencial debido al incremento en las exportaciones a países como Estados Unidos de América, Japón y Alemania, las plantas de importancia nacional se encuentra la menta que pertenece a la familia *Lamiaceae*, se usa como hojas verdes y secas en té, condimentos y aceites esenciales, y por su importancia antioxidantes. La menta (*Mentha spp.*) tiene gran importancia por sus aceites esenciales como materia prima en la industria cosmética, perfumería, licorería y farmacéutica. Al respecto, Héctor et al. (2005) han reportado, en el estado de Chihuahua, que se ha introducido varias especies del género *Mentha* con el propósito de comercializa y se ha empleado con relativo éxito la propagación *in vitro* en la multiplicación masiva de *Mentha x gracilis var.* Además, Meloni et al. (2019) mencionan que la *M. spicata* obtiene una actividad considerable y una demanda creciente en este cultivo, debido al interés comercial de su aceite esencial, que se encuentra entre los 10 más comercializados en el mundo. En el año 2023 México, a nivel nacional se obtuvo una superficie sembrada de 33.55 ha con rendimiento de 16.09 unidad de medida por hectárea (UDM/ha) y un valor de producción de miles de pesos de \$3,021.10 siendo Nayarit, Puebla y San Luis Potosí productores de hierbabuena *M. spicata* (SIAP, 2024).

### **2. 1. 1. Taxonomía**

Especies *M. spicata*. es una planta herbácea de la familia Lamiaceae, distribuida en África del Norte y del Sur, América, y también proviene de Europa y Asia, (Franco et al., 2022). La hierbabuena se clasifica taxonómicamente en la siguiente jerarquía: Reino: Plantae, División Magnoliophyta, Orden: Lamiales, Familia: Lamiaceae, Género: Mentha, Especie: *Mentha spicata* y nombre científico: *Mentha spicata* L.

### **2. 1. 2. Morfología**

Es una planta ramificada, con tallos erguidos, hojas verdes simples, opuestas, de forma ovalada y de margen aserrado, y mide entre 40 y 80 cm de altura (Franco et al., 2022). Según Quintero (1985), indica que las flores son de forma labiadas, se agrupan en glomérulos, de color rosa o púrpura y desprenden un olor agradable.

### **2. 1. 3. Requerimientos edafoclimáticos**

El requerimiento climático de la menta, tales como: temperatura, radiación solar, agua, humedad relativa y fotoperiodo, necesarios para la zonificación correcta de las diferentes especies agrícolas en regiones donde dichos requerimientos se satisfacen, los cultivos y variedades pueden expresar su máxima potencial de rendimiento. La calidad y tipo de suelo es otro requerimiento básico para realizar una buena planeación agrícola de cultivos del suelo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Requerimientos edafoclimáticos de la hierbabuena (*M.spicata*) para su producción.

Factores	Condiciones	Autor
Clima	Climas húmedos, templados e iluminados.	Quintero (1985)
Temperatura	Oscilan entre 15 y 25 °C Valores extremos de 4 y 36 °C.	Ruíz et al. (2020)
Precipitación	Requiere de 600 mm anuales, con un rango óptimo de 900 a 1200 y un máximo de 2200 mm, para el desarrollo óptimo.	Ruíz et al. (2020)
Suelo	Es un cultivo con gran diversidad de suelos; es poco exigente y prefiere las tierras ligeras ricas en materia orgánica y con cierta humedad.	Quintero (1985)
pH	Óptimo de 6-6.5 con valores absolutos de 5.5 y 8.3	Ruíz et al. (2020)

#### 2. 1. 4. Propagación vegetal

Es un cultivo que requiere condiciones estacionales para la producción de la semilla sexual, y aunque es un híbrido poliploide estéril, lo que dificulta su reproducción convencional para mejorar los cultivos. Por eso la forma más segura para su multiplicación es a través de esquejes o rizomas, que garantizan que las características de las plantas cumplan los requisitos requeridos por los mercados nacionales e internacionales (Franco et al., 2023).

#### 2. 1. 5. Crecimiento y desarrollo

Franco et al. (2022) indican que la *Metha spicata* es de rápido crecimiento. De igual manera, Pedraza y Henao (2008), mencionan que el cultivo empieza a producir seis semanas después de la siembra, por lo cual se realizar los cortes bajo invernadero. Cabe mencionar que a libre exposición se realizar los cortes a las nueve semanas.

## 2. 2. Orégano

*Plectranthus amboinicus* es utilizada por las comunidades o pueblos indígenas por sus propiedades medicinales o culinarias, debido a su producción natural de aceites esenciales se obtienen altas cantidades de compuestos bioactivo como: carvacrol, timol,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -humuleno,  $\gamma$ -terpineno, p-cimeno,  $\alpha$ -terpineol y  $\beta$ -Selineno, identificado en el componente oleoso de sus hojas, su uso en medicina para tratar afecciones como el resfriado, el asma, el estreñimiento, dolor de cabeza, tos. Por lo tanto, Arumugam et al. (2016) sugieren que es una planta importante medicinal aromática con componentes bioactivo y nutrientes.

En México se concentra la principal producción y exportación de orégano de la especie *Lippia palmeri* Watson, la cual se encuentra en áreas cálidas, siendo superado por Turquía de acuerdo con Corella-Bernal y Ortega-Nieblas (2013). El orégano *Lippia origanoides*, se encuentra en los estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas, Jalisco y Zacatecas. El orégano tiene más de dos docenas de diferentes especies. El potencial culinario es amplio, en condimento es popular en los diversos estratos sociales en la elaboración de platillos regionales como: salsas, guisos, caldos, ensaladas y bebidas; en la industria es muy usado en perfumería por su gran contenido de aceites esenciales, que resaltan y fijan sus aromas.

### 2. 2. 1. Taxonomía

El orégano conocido como orégano cubano, orégano francés, entre otros, es una planta herbácea, perenne, ramosa, fragante, de tallos angulosos y frágiles, pertenecientes al orden Lámiales, familia Lamiáceas; originarios de las regiones tropicales de Asia Oriental y Sureste de África (Chiriboga et al., 2016). Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Lamiales, Familia: Lamiaceae, Género: *Plectranthus*, Especie: *amboinicus* y Nombre científico: Orégano (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng).

### 2. 2. 2. Morfología

El cultivo de orégano (*Plectranthus amboinicus*) presenta un crecimiento de tipo semi-erecto, pudiendo alcanzar hasta 1m de altura. Las hojas son carnosas, tomentosas en ambas caras, anchamente ovada, de base sub-acorazonada, de 4 a 12 cm de longitud, con peciolo gruesos de 1.5 a 4.5 cm, con sabor y aroma parecidos al del orégano del mediterráneo; sus flores con estambres dinamos, declinados, filamentosos a veces unidos debajo, son bilabiales de color violáceo, se encuentran agrupadas en verticilos que forman espigas terminales a lo largo de 10 a 20 cm con brácteas de 3 a 4 mm de longitud y corolas de color azul pálido, lila o rosado (Chiriboga et al., 2016).

Es una planta ramificada, con tallos erguidos, hojas verdes simples, opuestas, de forma ovalada y de margen aserrado, y mide entre 40 y 80 cm de altura (Franco et al., 2022). Según Quintero (1985), indica que las flores son de forma labiadas, se agrupan en glomérulos, de color rosa o púrpura y desprenden un olor agradable.

### 2. 2. 3. Requerimientos edafoclimáticos

La producción de orégano depende del uso y manejo adecuado de los recursos del suelo y del clima para obtener la mejor productividad agrícola. Ante este escenario, el cultivo requiere condiciones agroecológicas específicas como temperatura, agua etc., así como cumplir con requerimientos climáticos, de suelo y nutricionales, y considerar el impacto del cambio climático (Tabla 2).

**Tabla 2.** *Requerimientos edafoclimáticos del orégano (Plectranthus amboinicus) para su producción.*

<b>Factores</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Autor</b>
Clima	Climas semicálidos subhúmedos y semiáridos, templados subhúmedos, áridos y semiáridos.	Ruíz et al. (2020)
Temperatura	Entre los 5 y 28 °C, en algunas zonas, la temperatura media anual fluctúa entre los 17 y 22 °C.	Ruíz et al. (2020)
Suelo	Crece mejor en suelos ricos en abono con pH neutro y alta humedad	Arumugam et al. (2016)
pH	Óptimo de 6-6.5 con valores absolutos de 5.5 y 8.3	Ruíz et al. (2020)

### 2. 2. 4. Propagación

Es un cultivo que se adapta al ambiente, así como también su reproducción por medio de esquejes que arraigan con rapidez, Chiriboga et al. (2016). Por otro lado, Arumugam et al. (2016), hacen referencia a que la propagación preferida es a través de medios vegetativos, debido a que rara vez produce semillas.

### 2. 2. 5. Crecimiento y desarrollo

El cultivo de orégano (*P. amboinicus*) tiene un crecimiento de tipo semi-erecto, pudiendo alcanzar hasta 1m de altura; las hojas carnosas, tomentosas en ambas caras, anchamente ovada, de base sub-acorazonada, de 4 a 12 cm de longitud, con peciolo gruesos de 1.5 a 4.5 cm (Chiriboga et al., 2016).

### 2. 3. Actividad antioxidante

Los antioxidantes son sustancias que pueden impedir, de una manera directa o indirecta, las oxidaciones catalíticas y los procesos que inducen la formación de radicales libres en los alimentos. Los antioxidantes naturales se han vuelto importantes en la industria de la salud y alimentaria, debido a que incluyen el ácido ascórbico o vitamina C, que actúa en el citoplasma, así como otros compuestos, como el  $\beta$ -caroteno o vitamina A y E, que actúan en la membrana celular. Estos antioxidantes se obtienen en las plantas, frutas y otras fuentes (Conde et al., 2012).

Ríos y Vargas (2023) mencionan que los aceites esenciales han captado la atención de la comunidad científica en general por sus múltiples aplicaciones y beneficios para la salud de la *M. spicata*, destaca por sus notables propiedades antioxidantes; el aceite de menta es rico en monoterpenos oxigenados y compuestos fenólicos, los cuales son fundamentales para su actividad antioxidante. La *M. spicata* ha sido evaluada por su actividad antioxidante, midiendo su eficacia para eliminar los radicales libres o analizando directamente los productos formados y utilizando técnicas fotométricas (Menyiy et al., 2022). De acuerdo con Flores et al. (2022) evaluaron capacidad antioxidante en los cultivo de *M. spicata* y *M. piperita*, en el Sur de Chile, y en los principios activos (ácido cafeico y ácido rosmarínico). Como resultado, indicaron que la

hierbabuena contienen una alta cantidad de ácido cafeico de 8 (mg/g p.s.) (peso seco) y mayor ácido rosmarínico, 33 (mg/g p.s.) y la *M. spicata* en el método de ORAC presenta alto nivel de antioxidante 40.505,50 ( $\mu$  moles ET /100 g). Según Meloni et al. (2019) determinaron la obtención y propiedades de los aceites esenciales en dos métodos: DPPH (depleción del óxido 2,2-difenil-1-picrilhidrazil) y  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, en capacidad de antioxidante. Como resultados obtuvieron 7,5-12,06 y 26,94-38,14  $\mu$ g/mL respectivamente.

De acuerdo con Kumaran y karunakaran (2006) que el cultivo de *P. amboinicus*, o también conocido como *Coleus aromaticus*, en el extracto acuoso de hoja presentó actividad de eliminación de superóxido, eliminación de óxido nítrico y capacidad quelante de iones ferrosos. Rivas et al. (2017) mostraron que el extracto de orégano presentó menor concentración de polifenoles totales de 17,1 mgAG/g y en los métodos más ampliamente utilizados por su simplicidad y reproducibilidad son el DPPH (depleción del óxido 2,2-difenil-1-picrilhidrazil) y el ABTS (depleción del 2, 2'-Azinobis-3-etil- benzotiazolina-6-ácido sulfónico), que obtuvo menor actividad antioxidante.

Según Wani et al. (2022) los compuestos químicos más importantes que se han encontrado en varias especies de mentas son el mentol y los terpenos. Maldonado et al. (2017) mencionan que los principales componentes químicos y su aceite son compuestos fenólicos como carvonenen y el limonene. Se ha reportado que la hierbabuena contiene diversos ácidos cinámicos, agliconas y flavonoides, siendo el ácido rosmarínico el compuesto fenólico más abundante. Los fenoles de menta también han mostrado fuertes efectos antioxidantes, acetilcholinesterase (AChE), butyrylcholinesterase (BChE) y histone deacetylase (Salehi et al., 2018).

El aceite esencial de *P. amboinicus*, con altas cantidades de compuestos bioactivos como carvacrol, timol,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -humuleno,  $\gamma$ -terpineno, p-cimeno,  $\alpha$ -terpineol y  $\beta$ -Selineno, que han sido identificados en el componente oleoso de sus hojas, hacen menciones de diferentes clases de fitocompuestos, de 76 compuestos volátiles y 30 no volátiles (Arumugam et al., 2016).

#### **2. 4. Polifenoles**

Los compuestos fenólicos son amplios metabolitos secundarios de las plantas, comprenden una estructura de polifenol por lo cual se encuentra grupos de hidroxilo en anillos aromáticos por lo que cuenta con moléculas con un anillo fenólico, como los ácidos y los alcoholes fenólicos. En los polifenoles se encuentra varias clases considerados los numero de anillos fenólicos, en el grupo de los polifenoles los principales son flavonoides, ácidos fenólicos, taninos (Ignat et al., 2011).

Los fenoles están presentes en los órganos de las plantas en diversas formas de estructuras químicas, constituyen un amplio grupo de metabolitos secundarios en diversas funciones biológicas (Tobar-Reyes et al., 2011). Desde el punto de vistas de Avella et al. (2008) los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, el cual se obtienen más de 8.000 compuestos distintos. Los compuestos fenólicos son sustancias poseen un anillo aromático con unos o más grupos hidróxidos. Se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas, con más de 8000 moléculas identificadas, además, Wani et al. (2022) mencionan que se han encontrado una amplia gama de constituyentes en las diferentes especies de menta, como agliconas, ácidos cinámicos, flavonoides acilados o glucósidos. Se ha observado en la menta la abundancia de ácido cafeico, ácido rosmarinico y ácido clorogenico entre los

ácidos fenólicos. Las plantas de menta poseen alrededor de siete ácidos salvianólicos, incluidos el ácido salvianólico H/I, el ácido isosalvianólico A, el ácido salvianólico B y el ácido salvianólico E.

#### **2. 4. 1. Flavonoides**

Las plantas de menta tienen flavanonas y flavonas en abundancia. Las principales flavonas la luteolina (Wani et al., 2022). Swamy et al. (2017) mencionan que determinaron el contenido total de flavonoides en extractos de *Plectranthus. amboinicus*. Con el método de ensayo colorimétrico, la absorbancia de la solución se concentró a una longitud de onda de 510 nm. Como resultados en los diferentes extractos solventes como en el metanol obtuvo un total de flavonoide de  $26,90 \pm 1,35$  (mg RE/g), en Acetona  $21,27 \pm 0,80$  (mg RE/g), y en hexano  $16,46 \pm 0,99$  (mg RE/g).

#### **2. 5. Técnicas de extracción**

##### **2. 5. 1. Método Folin Ciocalteu de polifenoles totales**

De acuerdo con Muñoz-Bernal et al. (2017) el método de Folin Ciocalteu fue empleado para cuantificación de tirosina en proteína, por los en los últimos años fue modificados para analizar compuestos polifenólicos en distintos extractos vegetal. El método de Folin Ciocalteu son usados para la determinación de los compuestos fenólicos totales en reacción con agentes oxidantes. El reactivo de Folin Ciocalteu reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos de ácidos fosfomolibdico-fosfotungstico de color amarillo teniendo así el reactivo Folin Ciocalteu (Avella et al., 2008).

### **2. 5. 2. Método DPPH**

Se basa fundamentalmente para determinar la capacidad de eliminación de radicales libres 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH); en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical DPPH por antioxidantes (Kuskoski et al., 2005).

### **2. 5. 3. Método ABTS**

El método ABTS, llamado así por el reactivo 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico), consiste en la generación del radical ABT+ mediante la reacción entre el ABTS y el persulfato de potasio, produciendo un cromóforo azul verdoso con absorciones máximas a longitudes de onda de 415, 645, 734 y 815 nm, permite determinar la capacidad de antioxidantes (Restrepo-Sánchez et al., 2009).

### **2. 5. 4. Método de vainillina de taninos**

Los taninos que son compuestos que no solo poseen un elevado peso molecular, sino que también presentan suficientes grupos de hidroxilo unidos a estructuras fenólicas, lo que les confiere capacidad de formar complejos con proteínas, minerales y otras macromoléculas (Vázquez-Flores et al. (2012). El método de la vainillina descritos por Price et al. (1978) para la determinación cuantitativa de los taninos condensados. Por los que la vainillina contiene aldehído aromático, con anillo A de los flavan-3-ol (Ricco et al., 2015).

## **2. 7. Hidroponía**

En la actualidad la hidroponía es una alternativa para los productores en la producción de los cultivos. El término hidroponía se deriva del griego hydro = agua y ponos = trabajo o actividad, es decir, 'trabajo del agua' o 'actividad del agua'. También se conoce como cultivo sin

suelo, nutricultura, quimiocultura, cultivo artificial o agricultura sin suelo (Aquino, 2014). El sistema de producción en hidroponía presenta diversas ventajas como mayor producción de plantas por unidad o por volumen, organización en sentido vertical y horizontal; lo que impacta en la reducción de los cultivos tradicionales de la erosión del suelo por el sistema de monocultivo (Albuja et al., 2021). Entre las desventajas: presenta alto costo inicial, mantenimiento y cuidado de las instalaciones (Aquino, 2014). Acerca de la tecnología que presenta la hidroponía se encuentra el sistema de riego por goteo donde se utiliza un temporizador automatizado, y una bomba que distribuye agua para proporcionar nutrición y regular el riego al cultivo (Rajendran et al., 2024). Por lo que se adiciona solución nutritiva para el crecimiento y desarrollo de las plantas aplicado una solución Steiner que se compone de macronutrientes: fósforo (P), nitrógeno (N), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y azufre (S), son elementos demandados en el desarrollo de los cultivos (Juárez et al., 2006). Éste permite conducir el agua mediante una red de tuberías, mangueras con ayuda de un temporizador automatizado que permite a los emisores pequeñas cantidades de goteo a los cual producen humedad en la raíz y pueden reducir el estrés hídrico (Liotta et al., 2015).

### **2. 7. 1. Producción de plantas medicinales en sistemas hidropónicos**

De acuerdo con Guerrero-Lagunes et al. (2011) quienes evaluaron la calidad y cantidad de aceite esencial, bajo un sistema hidropónico y concentraciones soluciones nutritivas en cultivo de tomillo, por lo que obtuvieron valores altos en cuanto a la altura de la planta con una densidad de siembra de 0.0883, en el análisis encontraron timol con 23.331 % el más abundante así pues, el aceite esencial no se ve afectado en su calidad, por lo cual reporta que el sistema es viable.

Robles, (2013) analiza un enfoque antropológico en la producción de plantas medicinales en hidroponía, plantea esta técnica de cultivo hidropónico como alternativa, para pequeños

huertos en desarrollo sostenible y conserva el medio ambiente. Refiere que el método hidropónico, es una alternativa para la población donde puede cultivar las plantas, como por ejemplos: cilantro, albahaca, chaya, chayote, epazote, hierbabuena, remolacha, sábila, lechuga, ajo, ruda, orégano, espinaca, jengibre, manzanilla, apio, zanahoria, pepino, tomate, rábano y zacate limo. En el método hidropónico esta innovación ha generado un impacto positivo y ecológicamente amigable del entorno ambiental, por los que a las comunidades le sea útil esta alternativa para pequeñas producciones, en su consumo diario.

Las especies como; albahaca (*O. basilicum*), la menta (*M. piperita*), y la hierbabuena (*M. spicata*), tienen gran demanda por sus propiedades, como han señalado Espinosa-Moya et al. (2018) que la acuaponía integra la producción acuícola e hidroponía y donde se usan los desechos de los peces como nutrientes, señalan que los parámetros fisicoquímicos del agua del estaque observaron dentro del rango óptimo para tilapia, demuestra la madurez biológica el cual es alto para integrar el cultivo de las herbáceas presentó mejor crecimiento en la planta, es decir, que el sistema que propusieron mantuvo la producción de tilapia como la de herbáceas.

### III. JUSTIFICACIÓN

Las hierbas aromáticas y medicinales han formado parte importante en usos, costumbres y la historia de la sociedad. Las cualidades de estas plantas como remedio para combatir algunas enfermedades se remontan a tiempos prehistóricos (Juárez-Rosete et al., 2013). Las especies *M. spicata* y *P. amboinicus* son cultivos que presentan grandes propiedades antisépticas; sin embargo, en investigaciones recientes no se ha encontrado información sobre la producción de menta y orégano con un sistema hidroponía en climas tropicales húmedos. Por esta razón, las características de las plantas aromáticas, terapéuticas y de conservación, que tienen éstas se usan por lo general en productos por sus propiedades antioxidantes como nutracéuticos, fitoterapia, aromaterapia; es importante considerar que los principales sectores industriales como cosmético, herbolaria y en el sector industrial alimentaria (Juárez-Rosete et al., 2013).

Un sistema hidropónico permite sustituir el suelo por sustratos como; aserrín, fibra de coco, tepezil, biocarbón y cascarilla de arroz, en el cual se puede implementar en espacios pequeños para cultivo de hortalizas o flores permitiendo al individuo o a las comunidades tener alcance a cierto cultivo que decida implementar, a realizar esta técnica de hidroponía en el caso de *M. spicata* y *P. amboinicus* se busca disminuir el tiempo e incrementar la parte foliar vegetativa, por la demanda que tiene estos dos cultivos en los mercados por ser plantas medicinales y aromáticas ayudan a combatir resfriados comunes, tos, cólicos, fiebre, dolor de cabeza, entre otros.

#### IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo varía las concentraciones de actividad antioxidante en el sistema foliar de las plantas medicinales de hierbabuena (*Mentha spicata*) y orégano (*Plectranthus amboinicus*) cultivado bajo un sistema hidropónico, al aplicar diferentes técnicas de extracción como etanólico, metanólico y acuoso en materia seca?

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## V. HIPÓTESIS

Al menos una técnica de extracción de antioxidantes en las plantas presenta diferencias con respecto a las técnicas evaluadas.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## VI. OBJETIVOS

### 6. 1. Objetivo general

Evaluar la actividad antioxidante con diferentes técnicas de extracción en el sistema foliar de hierbabuena (*M. spicata*) y orégano (*P. amboinicus*) cultivados bajo un sistema hidropónico.

### 6. 2. Objetivos específicos

1. Evaluar la biomasa foliar de hierbabuena (*M. spicata*) y orégano (*P. amboinicus*).
2. Determinar el contenido de antioxidantes en el sistema foliar en hierbabuena (*M. spicata*) y orégano (*P. amboinicus*) con los métodos de cuantificación de antioxidantes como DPPH, ABTS, así como el contenido de taninos y flavonoides.
3. Cuantificar el contenido de polifenoles de dos cultivos de orégano (*P. amboinicus*) y hierbabuena (*M. spicata*) por medio del método de Folin Ciocalteu.

## VII. METODOLOGÍA

### 7. 1. Ubicación

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicado en el kilómetro 25+2 de la carretera Villahermosa-Teapa Rcharía la Huasteca 2da sección en las coordenadas 17°47'03.1" de latitud norte y 92°57'25.1" de longitud oeste. El experimento se desarrolló durante el mes de enero a julio del 2024, en un invernadero tipo megavent de 8 x 20 m.

### 7. 2. Material vegetal

El inicio del experimento se llevó a cabo en el mes de enero 2024, preparado el área del invernadero. La colecta de ambas plantas se realizó en el mes de febrero, donde la *M. spicata* se adquirieron de un vivero cuatro plantas donde cada una se dividió en cuatro partes retirando el exceso de suelo en las raíces. Se utilizó una planta madre de *P. amboinicus* conocida como oreganón cubano, orégano francés el cual se recolecto en la Rcharía la Huasteca de traspatio los 15 esquejes para su adaptación se usó sustrato tepetzil con partícula de 3 mm, donde se garantizó enraizamiento.

Ambas especies fueron cultivas de manera paralela, por lo que, aunque el diseño experimental planteado se utilizó en las dos especies, la investigación completa incluyo dos experimentos independientes, uno para cada especie.

### 7. 3. Sistema de riego

Antes del trasplante se procedió a instalar el sistema de riego por goteo controlados por un temporizador. La solución nutritiva Steiner se preparó en un tinaco con capacidad de 1100 L la cual se ajustó a un pH de 6.0 empleado ácido sulfúrico. Los fertilizantes empleados fueron nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)$  1060 g, nitrato de potasio  $\text{KNO}_3$  303 g, sulfato de potasio  $\text{K}_2\text{SO}_4$  360 g, sulfato de magnesio  $\text{MgSO}_4$  492 g, ácido fosfórico  $\text{H}_3\text{PO}_4$  23 ml y ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  50 ml. Como fuente de micronutrientes se utilizó el producto comercial Haifa micro combi y nutri boro.

### 7. 4. Maceta y trasplante

Se utilizaron 30 bolsas de medidas de 40 x 40 cm calibre 400 con un volumen de 15.14 litros, las cuales fueron llenadas con sustrato de tepetzil. El trasplante se llevó a cabo en la primera semana de marzo en ambos cultivos de *M. spicata* y *P. amboinicius* donde la hierbabuena se sembró directamente de la planta madre dividiéndola en cuatro partes.

### 7. 5. Biomasa vegetal

Biomasa vegetal: El inicio de la primera cosecha fue el día 02 de mayo finalizando el 31 de julio. Se realizaron tres cortes manuales. La cosecha de la *M. spicata* se realizó a los 60, 90 y 150 días, donde se extendió el último corte debido a su lento crecimiento. La cosecha de *P. amboinicius* se realizó a los 60, 90 y 135 días después del trasplante (DDT), debido a su rápido crecimiento en el sistema hidropónico. Después de cada corte, el material cosechado fue llevado al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la DACA-UJAT, donde se determinó el peso fresco (PF),

el peso seco (PS) en gramos (g) en una balanza digital marca OHAUS modelo TS4KS con 0,1 g de precisión. Por lo que el rendimiento de los cultivos del experimento se expresa en gramo por metro cuadrado ( $\text{g/m}^2$ ) Al igual obteniendo el peso fresco y seco se determinó el porcentaje de humedad a través de una formula: % humedad:  $(\text{PF}-\text{PS}) / \text{PF} * 100$ . Por lo que, se presenta una tabla con los peso fresco y seco con su media y desviación estándar.

#### **7. 6. Secado y molienda de las hojas**

La deshidratación impide el crecimiento de microorganismos, alarga la vida útil y previene cambios bioquímicos (Téllez et al., 2019). En el secado de las hojas de los cultivos *M. spicata* y *P. amboinicus*, se empleó con el método descrito por Wani et al. (2022) a una temperatura de 60 °C, con ayuda de un horno de secado vegetal de la marca RIOS RIOSSA, proporcionando una adecuada circulación de aire y un control de temperatura que permitió un secado uniforme de las muestras durante 72 horas, hasta su peso seco constante. Una vez obtenida las plantas deshidratadas se procedió con la ayuda de molino de la marca Toma Welley a pulverizar las muestras con una malla de 40 mm de la biomasa seca. Tras la pulverización, el material se conservó en una bolsa *pouch stand* sellada en un lugar seco y oscuro hasta su uso en los análisis de polifenoles, ABTS, DPPH, flavonoides y taninos.

## **7. 7. Análisis fitoquímico**

### **7. 7. 1. Preparación de extractos**

Se generaron tres tratamientos extracto etanol (EE), extracto metanol (EM) y extracto acuoso (EA) a partir de las muestras deshidratadas de *M. spicata* y *P.amboinicus* para determinar su actividad antioxidante, polifenoles, flavonoides y taninos en los tres cortes. Para la extracción se utilizaron 1 g de *M. spicata* y *P. amboinicus* y como solventes etanol, metanol y solución acuosa. Para obtener los extractos se mezclaron 1 g de muestra seca en 25 ml de etanol en tubos Corning con tapa de rosca y capacidad de 50 ml, se mezclaron 1 g de muestra seca en 25 ml de metanol y se mezclaron 1 g de muestra seca en 25 ml de solución acuosa, fueron colocados en un agitador rotativo de tubos (IEC HN-SII) durante una hora. Las muestras se llevaron a una microcentrifuga (D3024R VANTE) a 14000 rpm por 15 minutos, y sobrenadante fue extraído para su análisis. Este procedimiento se realizó para ambos cultivos para cada corte.

### **7. 7. 2. Determinación de polifenoles totales**

El contenido de polifenoles totales se determinó mediante la técnica espectrofotométrica del método Folin Ciocalteu, consistió en colocar en tubo de ensayo 100  $\mu$ L extracto de etanol, 100  $\mu$ L, del reactivo Folin Ciocalteu y se dejó reaccionar por 5 min, se añadieron 100  $\mu$ L de carbonato de sodio ( $\text{NaCO}_3$ ) se reposó por 5 min, se adicionó 625  $\mu$ L de agua destilada y se mantuvo en oscuridad por 30 min y se leyó la absorbancia a 790 nm por los que se realizó repeticiones por triplicados este proceso fue aplicado para los tres extractos. El contenido de polifenoles se calculó usando ácido gálico (Sigma-Aldrich). Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (mg EAG/g ms).

### **7. 7. 3. Determinación de DPPH**

La actividad antioxidante se determinó en los extractos etanólico, metanólico y solución acuosa con el método propuesto por Shimada (1992), con ciertas modificaciones en el (DPPH). Para la evaluación de las muestras de los extractos ya mencionados. Para ello, se colocaron 50  $\mu\text{l}$  de cada extracto de (hierbabuenas y oregán) y se mezclaron 950  $\mu\text{l}$  DPPH por triplicados para ambos cultivos en los diferentes extractos y se midió la absorbancia a 517 nm en un espectrofotómetro UV-VI modelo VE-5100UV marca vela. Los resultados de actividad antioxidante se expresaron como porcentaje de captura de radicales libres.

### **7. 7. 4. Determinación de ABTS**

Con el método descrito por Guzmán et al. (2022) para la determinación se usó una solución de 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico catiónico radiactivo (ABTS+) de 2 mmol/L, disolviendo 54.8 mg de ABTS (Sigma Aldrich) en 50 ml de solución salina tamponada con fosfato (PSB;0,01 mol/L, pH 7,4). Para el ensayo, se emplearon 20  $\mu\text{l}$  de los extractos y 1000  $\mu\text{L}$  de la solución de ABTS. Las muestras se realizaron por triplicados y posteriormente se midió la absorbancia a 734 nm espectrofotómetro UV-VI. Los resultados se expresaron como porcentaje de radicales libres.

### **7. 7. 5. Determinación de flavonoides**

El contenido de flavonoides se determinó por el método Barros et al. (2010) basado en la formación de complejo flavonoide-aluminio con ciertas modificaciones. Para los ensayos de flavonoides se preparó una solución disolviendo nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) al 5 %, cloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ) al 10 % e hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) al 4 %. Se mezclaron (4 g)  $\text{NaNO}_3$  en 50 ml de  $\text{H}_2\text{O}$ , (5 g)  $\text{AlCl}_3$  en 50 ml de  $\text{H}_2\text{O}$  y (4 g)  $\text{NaOH}$  en 100 ml de  $\text{H}_2\text{O}$ . Se añadieron 125  $\mu\text{l}$

de cada uno de los extractos, 500  $\mu\text{l}$  de  $\text{H}_2\text{O}$ , y posteriormente 37.5  $\mu\text{l}$  de  $\text{NaNO}_3$ , se agitó se dejó reposar durante seis minutos de reacción, se añadió 37.5  $\mu\text{l}$  de  $\text{AlCl}_3$  se agitó durante seis minutos, se mezclaron 500  $\mu\text{l}$  de  $\text{NaOH}$  y 50  $\mu\text{l}$  de agua destilada se obtuvo por triplicados en ambos cultivos se midió la absorbancia en 510 nm UV-VI espectrofotómetro. Los resultados se expresan como miligramos equivalentes de catequina por gramo de materia seca (mg EC/g ms).

#### **7. 7. 6. Determinación de taninos**

Para la determinación de taninos por Choi et al. (2023) con ciertas modificaciones se utilizó reactivos: A) 25 ml de metanol al 8 % con ácido clorhídrico 8 ml y B) 0.25 g de vainillina al 1 % en 25 ml de metanol. Los reactivos se combinaron en partes iguales es decir 50 ml de A y B, se incubó durante 20 minutos a 25 °C. para la determinación se usó 200  $\mu\text{l}$  de los extractos y 400  $\mu\text{l}$  de V-HCL. Para el extracto en blanco, se agregaron 200  $\mu\text{l}$  de metanol y 400  $\mu\text{l}$  de V-HCL los tres extractos se realizaron por triplicados. Posteriormente se midió la absorbancia con un espectrofotómetro en UV-VI a 500 nm. Los resultados obtenidos se calcularon como microgramo de equivalente de ácido tánico  $\mu\text{g EQ/mg ms}$ .

## 7. 8. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizaron fue, para la etapa de evaluación de las variables de producción de biomasa fue completamente al azar (DCA), donde se consideraron como tratamiento, a cada uno de los cortes, por lo que, para los experimentos de las dos especies, los tres tratamientos fueron: corte 1, corte 2, corte 3; y cada tratamiento tuvo 15 repeticiones, que correspondieron a las 15 plantas establecidas en cada parcela.

Para el caso de la segunda etapa, donde se evaluó la extracción de fitoquímicos, el diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo factorial (3x3), considerando como factor uno el extractante: etanol, metanol, y solución acuosa; y como factor dos el corte 1, corte 2, corte 3, dando como resultado, un total de 9 tratamientos. Como repeticiones, las 15 plantas se cosecharon y se generaron muestra compuestas a partir de cinco plantas para cada una de ellas, por lo que, en esta etapa, para cada especie se obtuvieron tres repeticiones por cada corte, las cuales se sometieron a la extracción con los tres extractante antes mencionados. En resumen, el diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial (3x3) con tres repeticiones por tratamiento.

## 7. 9. Análisis estadístico

El análisis fitoquímico se analizó mediante un diseño completamente al azar en el programa Software de análisis estadístico inicial, SAS versión: 3.81 a partir de un análisis de varianza (ANOVA) así como prueba Duncan ( $P < 0.05$ ).

## VIII. RESULTADOS

### 8.1. Biomasa foliar

#### 8.1.1. Producción de biomasa hierbabuena

Para la variable de biomasa de hierbabuena, se observó una variación en la producción a lo largo del establecimiento del cultivo de los tres cortes. Donde el peso húmedo mostró un incremento desde su establecimiento al primer corte a los 60 días con 102 g/m<sup>2</sup>, por lo que en su segundo corte a los 90 días aumento su biomasa a 185 g/m<sup>2</sup>. En la Tabla 3 se muestran diferencias significativas, ocurriendo en el corte tres a los 150 días una disminución de 156 g/m<sup>2</sup> a pesar de que se dejó más tiempo para observa si pudiera ver más incremento disminuyo la biomasa por los que el corte dos y tres tuvieron mayor rendimiento.

Con respecto al peso seco, en el corte dos se observó mayor biomasa 36 g/m<sup>2</sup> a diferencia del tercer corte 34 g/m<sup>2</sup> se observó diferencia significativa como se muestra en el Tabla 3.

**Tabla 3.** Promedio de biomasa de peso húmedo y seco de los tres cortes de hierbabuena

Plantas	Peso húmedo g/m <sup>2</sup>			Peso seco g/m <sup>2</sup>		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
<b>Hierbabuena</b>	102 <sup>c</sup>	185 <sup>a</sup>	156 <sup>b</sup>	18 <sup>c</sup>	36 <sup>a</sup>	34 <sup>b</sup>

Letras distintas indican diferencia significativa P < .0001

### 8.1.2. Producción de biomasa de orégano

En los resultados de la biomasa húmeda del orégano en el último corte, realizado a los 135 días, se observó un incremento significativo, alcanzando una biomasa de 1399 g/m<sup>2</sup>. En comparación, el primer corte a los 60 días presentó una menor acumulación de materia vegetal 309 g/m<sup>2</sup>, mientras que el segundo corte mostró un leve aumento respecto al primero. Durante estas dos primeras etapas, la producción se mantuvo relativamente constante. La Tabla 4 muestra diferencias estadísticamente significativas. En relación con la biomasa seca, se observó una tendencia similar, siendo el tercer corte el que presentó el mayor rendimiento 101 g/m<sup>2</sup>.

**Tabla 4.** Promedio de biomasa de peso húmedo y seco de los tres cortes de orégano

Planta	Peso húmedo			Peso seco		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 1	Corte 2	Corte 3
<b>Oreganón</b>	309 <sup>b</sup>	324 <sup>b</sup>	1399 <sup>a</sup>	14 <sup>c</sup>	21 <sup>b</sup>	101 <sup>a</sup>

Letras iguales no hay diferencia significativa y diferente letras si hay diferencia significativa P<.0001

## 8. 2. Análisis fitoquímicos

### 8. 2. 1. Hierbabuena

El análisis de varianza (ANOVA), indica que tanto el corte como la interacción entre el tipo de extracto y el corte fueron altamente significativos ( $P < .0001$ ) y en el extracto presentó diferencias significativas, así como en los cortes (Duncan  $p < 0.05$ ). Esto sugiere que el rendimiento de los compuestos bioactivos extraídos de la hierbabuena cultivada en sistema hidropónico varía significativamente según el momento del corte y el solvente utilizado.

Como se muestra en la Tabla 5, el tipo de solvente empleado en la extracción tuvo un efecto notable sobre los valores obtenidos. El extracto acuoso presentó los mayores porcentajes de actividad antioxidante en los métodos DPPH (72.80 %) y ABTS (88.06 %), así como el contenido de más alto de taninos ( $0.02 \mu\text{g EQ/mg ms}$ ), superado al metanol y al etanol en estas variables.

Por otro lado, el etanol mostró los valores de extracción de polifenoles totales ( $1.51 \text{ mg EAG/g ms}$ ), aunque con una actividad antioxidante considerablemente menor. En cuanto a los flavonoides, el metanol fue el solvente más eficiente, alcanzando un contenido de ( $2.93 \text{ mg EC/g ms}$ ). Respecto a los cortes de la planta, el corte dos obtuvieron más contenido de polifenoles ( $1.55 \text{ mg EAG/g ms}$ ), mientras que el corte uno destacó por su mayor actividad antioxidante (DPPH 46.12 %, ABTS 59.89 %) y contenido de flavonoides ( $2.65 \text{ mg EC/g ms}$ ). El corte tres, aunque con valores intermedios, mostró el mayor contenido de taninos ( $0.02 \mu\text{g EQ/mg ms}$ ). Estos resultados evidencian que tanto el tipo de solvente como el momento del corte influyen significativamente en la composición fitoquímica de los extractos de hierbabuena.

**Tabla 5.** Promedio polifenoles, DPPH, ABTS, flavonoides y taninos de tres extractos de extracción y tres cortes en hierbabuena

Tratamientos	Polifenoles (mg EAG/g ms)	DPPH %	ABTS %	Flavonoides (mg EC/g ms)	Taninos (µg EQ/mg ms)
<b>Etanol</b>	1.51 <sup>a</sup>	7.93 <sup>c</sup>	21.38 <sup>c</sup>	1.30 <sup>c</sup>	0.00 <sup>c</sup>
<b>Metanol</b>	1.16 <sup>b</sup>	29.12 <sup>b</sup>	46.75 <sup>b</sup>	2.93 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>
<b>Acuoso</b>	1.04 <sup>c</sup>	72.80 <sup>a</sup>	88.06 <sup>a</sup>	2.05 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>
<b>Cortes de hierbabuena</b>					
<b>Corte 1</b>	0.83 <sup>c</sup>	46.12 <sup>a</sup>	59.89 <sup>a</sup>	2.65 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>
<b>Corte 2</b>	1.55 <sup>a</sup>	31.72 <sup>b</sup>	52.28 <sup>b</sup>	1.86 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>
<b>Corte 3</b>	1.34 <sup>b</sup>	32.01 <sup>b</sup>	44.01 <sup>c</sup>	1.77 <sup>c</sup>	0.02 <sup>a</sup>
<b>Interacción</b>					
<b>Extracto* corte</b>	***	***	***	***	***

Letras distintas en columna indican diferencia significativa Duncan  $p \leq 0.05$ . \*\*\* Altamente significativo análisis de varianza (ANOVA)  $P < .0001$ .

### 8.2.2 Orégano

En el presente estudio se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (prueba de Duncan  $P < 0.05$ ), como se muestra Tabla 6.

Los tres tipos de extractos mostraron variaciones en su eficiencia como solventes de extracción. El extracto acuoso presentó la mayor actividad antioxidante, con valores de DPPH (25.49 %) y ABTS (55.81 %) significativamente superiores, además de un contenido de taninos de (13.78  $\mu\text{g EQ/mg ms}$ ), sin embargo, fue el menos eficiente en la extracción de polifenoles (0.27 mg EAG/g ms) y flavonoides (0.49 mg EC/g ms). Por otro lado, el extracto metanólico demostró una mayor capacidad para extraer metabolitos secundarios, alcanzando los valores más altos en polifenoles (0.74 mg EAG/g ms) y en flavonoides (1.16 mg EC/g ms), con una actividad antioxidante intermedia DPPH y ABTS. El contenido de taninos fue nulo. El extracto etanólico resultó ser el menos eficiente en general, con los valores más bajos en polifenoles (0.37 mg EAG/g ms) y flavonoides (0.99 mg EC/g ms), y sin presencia de taninos. Respecto al momento de corte del orégano, se observó que el segundo corte presentó las mayores concentraciones de compuestos fitoquímicos, destacado en polifenoles ligeramente (0.56 mg EAG/g ms), DPPH (21.73 %) y ABTS (56.82 %). El primer corte mostró valores ligeramente inferiores, mientras que el tercer corte presentó los niveles más bajos en polifenoles y flavonoides como se muestran en Tabla 6, pero con un contenido elevado de taninos. La interacción entre tipo de extracto y momento de corte fue altamente significativa (ANOVA,  $P < .0001$ ), lo que indica que la eficiencia de la extracción depende tanto del solvente utilizado como del estado fisiológico de la planta al momento de la cosecha.

**Tabla 6.** Promedio de polifenoles, DPPH, ABTS, flavonoides y taninos de tres extractos de extracción y tres cortes en orégano.

Tratamientos	Polifenoles (mg EAG/g ms)	DPPH %	ABTS %	Flavonoides (mg EC/g ms)	Taninos ( $\mu$ g EQ/mg ms)
Etanol	0.37 <sup>b</sup>	10.36 <sup>c</sup>	36.59 <sup>c</sup>	0.99 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
Metanol	0.74 <sup>a</sup>	22.76 <sup>b</sup>	46.57 <sup>b</sup>	1.16 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>
Acuoso	0.27 <sup>c</sup>	25.49 <sup>a</sup>	55.81 <sup>a</sup>	0.49 <sup>c</sup>	13.78 <sup>a</sup>
<b>Cortes de oregánón</b>					
Corte 1	0.52 <sup>b</sup>	17.84 <sup>b</sup>	45.69 <sup>b</sup>	1.09 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>
Corte 2	0.56 <sup>a</sup>	21.73 <sup>a</sup>	56.82 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>
Corte 3	0.30 <sup>c</sup>	19.05 <sup>b</sup>	36.45 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>	13.78 <sup>a</sup>
<b>Interacción</b>					
Extracto*corte	***	***	***	***	***

Letras distintas en columna indican diferencia significativa Duncan  $p \leq 0.05$ . \*\*\* Altamente significativo análisis de varianza (ANOVA)  $P < .0001$ .

## IX. DISCUSIÓN

### 9.1 Producción de biomasa de hierbabuena

La evaluación de la biomasa de hierbabuena en tres cortes se observa en la Tabla 3. En el segundo corte mostró la mayor producción de biomasa fresca, con un promedio de 185 g/m<sup>2</sup>, y un peso seco de 36 g/m<sup>2</sup>. En comparación, el primer y tercer corte registraron valores inferiores tanto en peso húmedo como seco. Cardenas et al. (2022), evaluaron *M. spicata* en “sistema acuapónico y cama contenida”, reportaron producciones promedio de biomasa fresca de 328,55 ± 96,19 g y peso seco de 60,58 ± 29,78 g, así como valores de 102,59 ± 45,59 g y 16,75 ± 8,53 g. Estos resultados muestran que, aunque el sistema hidropónico utilizado en este estudio supera al sistema de cama contenida en producción de biomasa, es inferior al sistema acuapónico en términos de rendimientos total.

Aunado a esto, Zaki et al. (2024), en condiciones de invernadero con atmosfera natural, obtuvieron resultados de biomasa fresca de 74,41 (g) y peso seco de 31.71 (g) para *M. spicata*. Nava et al. (2022) indicaron para *M. piperita* una biomasa fresca promedio de 118.3 (g) y peso seco de 34.04 (g) en sustrato inorgánico mientras que en sustrato orgánico los valores fueron de 80.98 (g), y peso seco 18.04 (g). Los resultados obtenidos en este trabajo son superiores a los reportados por Zaki y Nava, lo que sugiere que el sistema hidropónico puede ofrecer ventajas significativas en la producción de biomasa, especialmente bajo condiciones controladas. Factores como la eficiencia fotosintética, temperatura en las tasas de respiración esto puede influir directamente en el desarrollo del cultivo y, por ende, en su rendimiento de la planta (Garza-Alonso et al., 2020)

### 9.1.2 Producción de biomasa de orégano

Con respecto en el orégano no presento diferencia significativa en los dos primeros cortes a diferencia del tercer corte a los 135 días obtenido un incremento significativo en su último corte de biomasa vegetal con un promedio de 1399 g con un peso seco de 101 g, a lo que en este resultado en el último corte puede atribuirse que las plantas obtuvieron mayor tiempo de recuperación en el crecimiento debido a que solo se cosechaba los esquejes de la planta y esto permitió que en el último corte el cultivo obtuvieran mayor acumulación de biomasa y capacidad fotosintética lo que también el invernadero favoreció un crecimiento constante debido que es área controlada a los factores externos esto facilitando la regeneración después de cada corte. Por lo que este estudio no coincide a los que se reportan Alshallash et al. (2022) en peso fresco en el tratamiento (Y3) *Candida apicola* con máximo rendimientos de 349 y 337,3 (g).

## 9.2 Análisis fitoquímicos

Los polifenoles en la actualidad son de interés alimentario debido a la importancia por sus grupos diversos y su capacidad antioxidante por lo que en la industria tienen un gran interés económico (Olszewska et al., 2020). Con el objetivo de evaluar actividades antioxidantes en diferentes técnicas de extracción en los cultivos de hierbabuena y oreganón, primero se realizó la preparación de los extractos etanólico, metanólico y acuoso mezclado 1 (g) de muestra de los tres cortes se obtuvo un sobrenadante por lo cual fue posible obtener los contenidos y porcentaje de polifenoles, flavonoides, taninos y antioxidantes.

### 9.2.1 Hierbabuena

#### Polifenoles

El análisis estadístico de varianza (ANOVA) para el contenido de polifenoles en la interacción entre extractos y cortes mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ). La prueba de Duncan indicó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los extractos. Se determinó que el solvente etanólico fue el más eficiente en la extracción de compuestos fenólicos en hierbabuena, con una concentración promedio de 1.51 (mg EAG/g ms) Tabla 3. En cuanto a los cortes, el segundo corte presentó la mayor concentración con 1.55 (mg EAG/g ms). Por otro lado, el menor contenido de polifenoles se observó en el extracto acuoso y en el primer corte.

Estos resultados difieren de los reportados por Sik et al. (2023), quienes encontraron concentraciones de 26,91 (mg GAE/g) en hierbabuena y 24,59 (mg GAE/g) en menta. Asimismo, Sierra et al. (2022) reportaron valores de 6,40 y 9,26 (mg GAE/g) en *M. spicata* cultivada en campo abierto, siendo menores en condiciones de invernadero. Las diferencias observadas en este estudio podrían atribuirse a factores como el tipo de especie utilizada, las condiciones

de cultivo en invernadero, el método de extracción y el tipo de secado. En este sentido, Pérez et al. (2019) demostraron que el método de secado influye significativamente en el contenido de polifenoles, al encontrar valores de 680.6 (mg GAE/g) en muestra liofilización *M. spicata*, en comparación con secado convencional.

### **DPPH**

Los resultados obtenidos mediante el método DPPH mostraron que el extracto acuoso y el primer corte presentaron la mayor capacidad de antioxidante, con promedio de 72.80 % y 46.12 %, respectivamente Tabla 5. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre lo tipo de extracto (Duncan  $P < 0.05$ ), mientras que no se observaron diferencias significativas entre los cortes dos y tres. El extracto etanólico presentó la menor actividad antioxidante.

En el análisis de varianza (ANOVA) evidenció una interacción altamente significativa ( $P < .0001$ ) entre extracto y corte, lo que sugiere que el momento de corte influye en la acumulación de antioxidantes. Es probable que el primer corte, realizado a los (60 días), haya favorecido debida acumulación de antioxidante. Estos resultados de este estudio difieren con los reportados por Zaki et al. (2024), quienes obtuvieron porcentajes de eliminación de radicales libre de 60 y 69 % en extractos etanólico y metanólico de *Mentha longifolia* y *mentha spicata L* tratadas con curcumina. Esto indica que tanto la especie como el tipo de solventes influyen en la eficiencia de extracción. Kaddour et al. (2022) reportaron una eliminación de radicales libre de 77 % *M. spicata* de la región El-Oued, mientras que Benabdallah et al. (2016) indicaron que *M. aquatica* fue la más eficiente con 7,50 ( $\mu\text{g/mL}$ ) entre seis especies silvestres de *Mentha*. Aunque los solventes orgánicos suelen ser más eficientes, Monteleone et al. (2021) destacan la importancia del uso de solventes acuoso por su importancia económica y no tóxicos para la salud humana, siendo apropiado para las aplicaciones farmacéutica y alimentaria. Por ello, el hallazgo

de alta actividad antioxidante en el extracto acuoso del primer corte es relevante sugiere el potencial de obtener un cultivo funcional con aplicaciones terapéuticas y nutricionales.

### **ABTS**

En este estudio, el contenido de ABTS alcanzó un valor máximo de 88.06 % en el extracto acuoso, mientras que el primer corte presentó un promedio de 59.89 %. Se observaron diferencias significativas entre extractos y cortes (Duncan  $P < 0.05$ ), siendo el extracto etanólico el que presentó menor actividad antioxidante Tabla 5. El análisis de varianza (ANOVA) mostró una interacción altamente significativa ( $P < 0.0001$ ) entre extracto y corte. Estos resultados podrían explicarse por el proceso de adaptación inicial de las plantas al ambiente controlado del invernadero. Durante los primeros 60 días, las plantas experimentaron un estrés fisiológico que pudo haber estimulado la síntesis de metabolitos secundarios. Posteriormente, al estabilizarse las condiciones ambientales y disponer de nutrientes de forma constante, el estrés disminuyó, lo que podría haber reducido la producción de dichos compuestos. De acuerdo con Kaddour et al. (2022) reportaron una actividad antioxidante mediante ABTS con  $IC_{50}$  de  $111 \pm 2.8$  ( $\mu\text{g/mL}$ ) en *Mentha* de la región de El-Tarf, lo que indicaron mayor capacidad antioxidante en comparación con los resultados obtenidos en este estudio. Esta diferencia puede atribuirse al método de cultivo empleado (hidropónico en este estudio o tradicional en el de Kaddour), así como al tipo de extracto utilizado y las condiciones ambientales. Surendran et al. (2017) evaluaron el sistema hidropónico con vermiculita y suelo, obteniendo mejores resultados de ABTS en el extracto metanólico, seguido por el etanólico, y menor actividad antioxidante en acuosos y en suelo. A lo que estos hallazgos refuerzan la idea de que tanto el tipo de solvente como el sistema de cultivo y el tiempo de corte influyen significativamente en la eficiencia de extracción de compuestos antioxidantes.

## Flavonoides

Los resultados del contenido de flavonoides, se muestra en la Tabla 5. contenido de flavonoides en este estudio osciló 2.93 (mg EC/g ms) obteniendo que el solvente con mayor eficiencia para la extracción de este compuesto fue metanol en el corte uno con un promedio de 2.65 en el cultivo de hierbabuena, seguido por el solvente acuoso y etanólico con menores contenidos de extracción 2.05 y 1.03 (mg EC/g ms), se observaron diferencia significativa entre los corte y extracto (Duncan  $P < 0.05$ ) esto indica que tanto los corte como el tipos de solventes influyes en la extracción del contenido de flavonoides. Este estudio no coincide con los resultados obtenidos por Zaki et al. (2024) quienes reportaron 4.53 mg g<sup>-1</sup> de flavonoides en *Mentha Spicata* tratada con curcumina en condiciones de invernadero. Esto podría deberse al uso de bioestimulantes, que modifican la composición química y el contenido de aceites esenciales. Por otro lado, con Kaddour et al. (2022) reportaron valores bajo (0,039 mg QE/g), en extractos de *Mentha Spicata* recolectada en El-Tarf, de Argelia, lo que sugiere que el ambiente de cultivo influye en el contenido de flavonoides.

## Taninos

En la Tabla 5 se reportan diferencias significativas en el contenido de taninos entre extractos y cortes (Duncan  $P < 0.05$ ). el extracto acuoso presentó la mayor concentración 0.02 ( $\mu\text{g EQ/mg ms}$  equivalentes de catequina por miligramos de muestra seca), especialmente en el corte tres, mientras que el extracto etanólico mostró el valor más bajo. El corte tres presentó diferencias significativas respecto a los cortes uno y dos, lo que podría deberse a la acumulación de compuestos fenólicos influenciada por cambios ambientales. Benabdallah et al. (2016) reportaron valores más altos de 8,67 (mg CE/g PS) en *M. acuática* del noreste de Argelia. Las diferencias pueden atribuirse a las unidades de medida utilizadas, la zona de cultivo y la especie.

Vieyra et al. (2023) reportaron contenidos de 218.45 (mg EC/g) en *M. piperita* con metanol y 264.50 (mg EC/g de muestra) con etanol, lo que también refleja la influencia de las condiciones de cultivo. En conjunto, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que el tipo de extracto, el momento de cosecha y las condiciones ambientales juega un papel determinante en la concentración de taninos en hierbabuena cultivada en invernadero.

El tipo de solvente fue un factor determinante en la eficiencia de extracción de las cinco variables analizadas. No se identificó un único extracto que fuera eficiente para todas las variables. En este estudio, el extracto acuoso mostró mayor eficiencia en la extracción de DPPH, ABTS y taninos, lo que lo hace adecuado para compuestos hidrofílicos. Además, es un solvente no tóxico, económico y seguro para aplicaciones farmacéuticas y alimentarias (Madriz et al. 2024).

Por otro lado, el etanol fue el solvente más efectivo para la extracción de polifenoles, debido a su naturaleza polar que permite extraer compuestos tanto polares como no polares, siendo seguro para su uso en productos farmacéuticos (Lee et al. 2024).

### **9.3 Orégano**

#### **Polifenoles**

El contenido de compuestos polifenólicos en el cultivo de orégano se muestra en la Tabla 6, donde se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los extractos (Duncan  $P < 0.05$ ). El mayor contenido de metabolitos secundarios se registró en el extracto metanólico, con un valor de 0.74 (mg EAG/g ms). En cuanto a los cortes, el segundo corte presentó el mayor promedio de concentración de polifenoles, también con diferencias significativas (Duncan

P<0.05). El análisis estadístico reveló una interacción altamente significativa (ANOVA P<.0001) entre los factores extracto y corte, lo que indica que el rendimiento de polifenoles varió según el momento de cosecha. Estos resultados no coincidieron con los reportados Rivas et al. (2017), quienes evaluaron varias especies de orégano, incluyendo *P. amboinicus*. En su estudio, utilizaron un disolvente de 75 % de metanol en maceración y posterior rotavaporación, obtuvieron una concentración de polifenoles de 17,1 (mg AG/g). En comparación, el extracto con 75 % de etanol mostró una menor concentración de 7,34 ± 0,10 (mg AG / g).

Por otro lado, De Medeiros Gomes et al. (2021) reportaron una concentración de polifenoles de 164,7 (mg GAE/g) en extracto crudo de etanol durante el mes de julio, mientras que Bhatt et al. (2013) encontraron 49, 91 (mg GAE/g) en extracto metanólico del tallo de *P. amboinicus*. Aunque los valores reportados en dichos estudios fueron superiores a los obtenidos en este trabajo, las diferencias pueden atribuirse a factores ambientales y de temperatura, como lo señalan Ramírez et al. (2019). En este estudio, al tratarse de un sistema hidropónico con condiciones controladas no se observaron niveles elevados de polifenoles, posiblemente debido a la ausencia de estrés ambiental que estimule su acumulación.

## **DPPH**

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos mediante el método de DPPH en el cultivo hidropónico de orégano. Se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto el tipo de extracto como en el momento del corte (Duncan P<0.05). El extracto acuoso presentó la mayor actividad antioxidante, con un promedio de 25.49 %, mientras que el segundo corte mostró el valor más alto 21.73 %, lo que sugiere que el tiempo de cosecha influye en la concentración de metabolitos secundarios.

La interacción entre los factores extracto fue altamente significativa, lo que indica que la actividad antioxidante depende de la combinación de ambos factores. Esto podría deberse a cambios fisiológicos y metabólicos durante el desarrollo del cultivo. Los resultados obtenidos fueron inferiores a los reportados por León Méndez et al. (2015), quienes mediante hidrodestilación por arrastre de vapor (HD) y microondas (MWHD) obtuvieron valores de  $327,5 \pm 2,35$  ( $\mu\text{g/mL}$ ), y  $240,3 \pm 4,60$  ( $\mu\text{g/mL}$ ), respectivamente. Asimismo, Swamy et al. (2017) reportaron una actividad de eliminación de DPPH de  $(90,13 \pm 3,32 \%)$  en extracto metanólico.

### **ABTS**

Respecto al método de ABTS, el extracto acuoso presentó el mayor promedio de inhibición de radical  $55.81 \%$ , como se muestra en la Tabla 6. Se encontraron diferencias significativas tanto en el tipo de extracto como en el corte del cultivo (Duncan  $P < 0.05$ ). El segundo corte mostró la mayor inhibición con un promedio de  $56.82 \%$ , lo que refuerza la influencia del momento de cosecha en la actividad antioxidante. En comparación, León Méndez et al. (2015) informaron valores de inhibición mediante ABTS de  $(23,97 \pm 0,07)$  y MWHD con  $(29,08 \pm 0,09)$ . Las diferencias entre los resultados alcanzados en este estudio y los reportados en cultivos tradicionales pueden deberse a las condiciones específicas del sistema hidropónico, como el ambiente controlado y la nutrición directa.

### **Flavonoides**

El análisis estadístico mostró diferencias significativas en la concentración de flavonoides entre los extractos y corte (Duncan  $P < 0.05$ ). El extracto metanólico exhibió la mayor concentración  $1.16$  ( $\text{mg EC/g ms}$ ), mientras que el extracto acuoso mostró la menor con  $0.49$  ( $\text{mg EC/g ms}$ ). En cuanto a los cortes, el primero presentó el mayor contenido  $1.09$  ( $\text{mg EC/g ms}$ ),

aunque los análisis no revelaron diferencias significativas entre el corte uno y dos, los que se sugiere que las primeras etapas del cultivo se pueden encontrar mejor contenidos de flavonoides. Por los que no coinciden con los reportados por Swamy et al. (2017), quienes encontraron en extracto de metanólico de hojas un promedio de  $26,90 \pm 1,35$  (mg RE/g), expresado como mg de RE (equivalentes de rutina) por gramo de extracto de solvente seco.

### **Taninos**

En cuanto al contenido de taninos, se obtuvo un promedio de 13.78 (mg EC/g ms) en el extracto acuoso, mientras que el extracto etanólico no se encontró cierta concentración. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre los extractos (Duncan  $P < 0.05$ ). El tercer corte se obtuvo mejor contenidos de taninos 13.78 (mg EC/g ms), mientras que los cortes uno y dos no mostraron diferencias significativas entre sí. Sin embargo, los resultados difieren con los reportados por Arumugam et al. (2016), quienes en una revisión sobre *P. amboinicus* encontraron concentraciones de taninos de 90 ( $\mu\text{g/g}$ ) en hojas y 81 ( $\mu\text{g/g}$ ) en tallos, valores superiores a los obtenidos en este estudio. Las diferencias pueden atribuirse al sistema hidropónico, donde las condiciones controladas podrían limitar la acumulación de estos compuestos.

Actualmente, se continúa investigado cómo las plantas medicinales pueden contribuir a la alimentación y a la salud humana, gracias a sus propiedades antioxidantes, antivirales, antibacterianas, anticancerígenas y antiinflamatorios, entre otras. En esta investigación, se abordó el estudio de polifenoles, flavonoides, taninos y actividad antioxidantes (DPPH y ABTS), destacando que el método de extracción juega un papel esencial en el rendimiento de metabolitos, así como el tipo de disolvente utilizado. Disolventes como etanol, metanol y acuoso han demostrado ser seguro para el consumo humano (Rafi et al., 2020)

Por otra parte, Do et al. (2014) señalan que tanto el método de extracción como el tipo de disolvente influyen en la actividad antioxidante y el rendimiento de compuesto bioactivos. Aunque el etanol, y el metanol son eficaces para la extracción de polifenoles, los resultados obtenidos en este estudio mostraron concentraciones y porcentajes de actividad antioxidante inferiores a los reportados en otros trabajos. Estas diferencias podrían atribuirse a factores ambientales como la humedad, temperatura y nutrición, los cuales influyen directamente en la acumulación de compuestos fenólicos en las plantas (Zhang eta al., 2016).

En el sistema hidropónico utilizado, la nutrición se suministra de forma directa y el ambiente se mantiene controlado, lo que podría limitar la producción de metabolitos secundarios. Esto se debe a que, al no enfrentarse a condiciones adversas o factores de estrés, la planta no activa sus mecanismos de defensa, lo que puede resultar en una menor acumulación de compuestos bioactivos.

## X. CONCLUSIONES

Se logró evaluar la actividad antioxidante en el sistema foliar de hierbabuena y orégano cultivados bajo sistema hidropónico, mediante diferentes técnicas de extracción. Los resultados demostraron que tanto el tipo de solvente como el momento del corte influyen significativamente en la composición fitoquímica y en la capacidad antioxidante de los extractos.

La evaluación de la biomasa foliar en hierbabuena y orégano cultivado en un sistema hidropónico evidenció diferencias significativas entre los cortes realizados. En hierbabuena, el segundo corte mostró mayor acumulación de biomasa fresca y seca, mientras que en orégano fue el tercer corte el que presentó un incremento notable en ambos parámetros. Estos resultados confirman que el momento de cosecha influye directamente en el rendimiento foliar de ambas especies, siendo clave para optimizar la obtención de compuestos bioactivos.

Los resultados evidenciaron que el tipo de solvente y el momento de los cortes varía significativamente la actividad antioxidante. Tanto en hierbabuena como en orégano se presentó los valores más altos en el extracto acuoso en DPPH (72.80 %) y ABTS (88.06 %), en orégano DPPH (25.49 %) y ABTS (55.81 %). La concentración de flavonoides en ambas especies fue el extracto metanólico en el corte uno siendo en hierbabuena con mayor concentración. Mientras que en taninos se obtuvo en el corte tres mejores contenidos en el extracto acuoso.

En cuanto al contenido de polifenoles, hierbabuena presentó más alto de valores contenido con el extracto etanólico y el segundo corte, mientras que en orégano el extracto metanólico fue el más eficiente. Estos resultados confirman que tanto el tipo de solvente como el estado fisiológico de la planta al momento del corte influyen directamente en la eficiencia de extracción de polifenoles.

## **XI. RECOMENDACIONES**

Experimentar en otros tipos de sustrato o a campo abierto que permitan un mayor crecimiento en menor tiempo. Ejemplo de sustrato como carbón, aserrín, cascarilla de arroz o fibra de coco.

Se recomienda realizar estudios con bioestimulantes que puedan mejorar la producción de las plantas.

Evaluar sistemas radiculares de los cultivos en actividad antioxidantes, así como también en alcaloides y su composición química del aceite esencial en la planta en el sistema hidropónico.

## XII. REFERENCIAS CITADAS

- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., y Rodríguez, M. (2021). Comparativa de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas. *Minerva*, 2(4), Article 4. <https://doi.org/10.47460/minerva.v2i4.26>
- Alshallash, K. S., Mohamed, M. F., Dahab, A. A., Abd El-Salam, H. S., y El-Serafy, R. S. (2022). Biostimulation of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. with Different Yeast Strains: Morphological Performance, Productivity, Phenotypic Plasticity, and Antioxidant Activity. *Horticulturae*, 8(10), 887. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100887>
- Aquino, M. A. Z. (2014). Manual de hidroponía. México, Distrito Federal. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual\\_de\\_hidroponia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf).
- Arumugam, G., Swamy, M. K., y Sinniah, U. R. (2016). *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance. *Molecules*, 21(4), 369. <https://doi.org/10.3390/molecules21040369>
- Avella, D. M. G., García, C. A. O., y Cisneros, A. M. (2008). Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. In *Memorias del simposio de metrología. universidad autónoma de querétaro*. [https://www.cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/m2/sm2008-m220-1108.pdf](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/m2/sm2008-m220-1108.pdf)
- Benabdallah, A., Rahmoune, C., Boumendjel, M., Aissi, O., y Messaoud, C. (2016). Total phenolic content and antioxidant activity of six wild *Mentha* species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 6(9), 760-766. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.06.016>

- Bhatt, P., Joseph, G. S., Negi, P. S., y Varadaraj, M. C. (2013). Chemical composition and nutraceutical potential of Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) stem extract. *Journal of Chemistry*, 2013(1), 320329. <https://doi.org/10.1155/2013/320329>
- Barros, L., Heleno, S. A., Carvalho, A. M., y Ferreira, I. C. (2010). Lamiaceae often used in Portuguese folk medicine as a source of powerful antioxidants: Vitamins and phenolics. *LWT-Food Science and Technology*, 43(3), 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.024>
- Cardenas, D. Torres, A., y Gómez, E. (2022). Identificación de aceites esenciales y parámetros productivos de *Mentha spicata* cultivada en sistemas acuapónicos y camas contenidas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 149-163. <https://doi.org/10.22490/21456453.4704>
- Cano-Gallego, L. E., Tamayo Molano, Á. D. J., Ortiz Muñoz, C., y Henao Rojas, J. C. (2023). Response of mint (*Mentha spicata* L.) Crops to Chemical and Organic Fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(3), 10465–10471. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n3.102451>
- Chiriboga, C., Sánchez Quinche, A. R., Vargas González, O. N., Hurtado Flores, L. S., y Quevedo Guerrero, J. N. (2016). Uso de Infusión de Oreganón *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng y del Vinagre en la Crianza de Pollos “Acriollados” (*Gallus gallus domesticus*) Mejorados. *Acta Agronómica*, 65(3), 298–303. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.46222>
- Choi, Y. M., Yoon, H., Shin, M. J., Lee, S., Yi, J., Jeon, Y. A., y Desta, K. T. (2023). Nutrient Levels, Bioactive Metabolite Contents, and Antioxidant Capacities of Faba Beans as Affected by Dehulling. *Foods*, 12(22), 4063. <https://doi.org/10.3390/foods12224063>

- Conde, C. G., Rueda, X. Y., y Patiño, G. G. S. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Minthostachys mollis* de Norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12-23. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90326398005>
- Corella-Bernal, R. A., y Ortega-Nieblas, M. M. (2013). Importancia del aceite esencial y la producción de Orégano *Lippia palmeri* Watson en el Estado de Sonora. *Biotecnia*, 15(1), 57–64. <https://doi.org/10.18633/bt.v15i1.137>
- Córdoba-Rodríguez, D., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J., y Muñoz-Orozco, A. (2011). Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pinceana* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. *Agrociencia*, 45(4), 493-506. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/895/895>
- Dasgan, H. Y., Yilmaz, D., Zikaria, K., Ikiz, B., y Gruda, N. S. (2023). Enhancing the yield, quality and antioxidant content of lettuce through innovative and eco-friendly biofertilizer practices in hydroponics. *Horticulturae*, 9(12), 1274. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121274>
- Del Angel-Corodel, O. A.-H. (2019). Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette). *Revista del Desarrollo Tecnológico*, 1-12. <https://doi.org/10.35429/jtd.2019.9.3.1.12>
- De Medeiros Gomes, J., Cahino Terto, MV, Golzio do Santos, S., Sobral da Silva, M. y Fechine Tavares, J. (2021). Variaciones estacionales del contenido de polifenoles, factor de protección solar y actividad antioxidante de dos especies de Lamiaceae. *Productos farmacéuticos*, 13 (1), 110. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13010110>

- Domínguez-Barradas, C., Cruz-Morales, G. E., y González-Gándara, C. (2015). Plantas de uso Medicinal de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec”, Municipio de Chontla, Veracruz, México. *CienciaUAT*, 9(2), 41. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v9i2.708>
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., y Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of food and drug analysis*, 22(3), 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>
- Espinosa, J., Centurión, H. D., Mayo, M. A., y Velázquez, M. J. R. (2017). Plantas aromáticas y medicinales tropicales con potencial actividad antimicrobiana. [https://archivos.ujat.mx/2017/div\\_daca/publicaciones/plantas-aromaticas-y-medicinales-tropicales.pdf](https://archivos.ujat.mx/2017/div_daca/publicaciones/plantas-aromaticas-y-medicinales-tropicales.pdf)
- Espinosa-Moya, A., Álvarez-González, A., Albertos-Alpuche, P., Guzmán-Mendoza, R., Martínez-Yáñez, R., Espinosa-Moya, A., Álvarez-González, A., Albertos-Alpuche, P., Guzmán-Mendoza, R., y Martínez-Yáñez, R. (2018). Growth and development of herbaceous plants in aquaponic systems. *Acta Universitaria*, 28(2), 1–8. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1387>
- Falco, J., Franceschelli, I., y Maro, M. (2001). Método de Arquímedes para determinar densidades. *Universidad de San Andrés*, 4-5.
- Flores, C., Seperiza Wittwer, A., Florez Mendez, J., Flores Calderón, C., Seperiza Wittwer, A., & Florez Mendez, J. (2022). Perfil químico y capacidad antioxidantes de hierbas aromáticas del sur de Chile con fines medicinales. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 6(18), 463–476. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.183>

- Flores-Flores, J. A., López-Rodríguez, B., Hernández-López, D., y Guzmán-Maldonado, S. H. (2019). Caracterización fenólica y capacidad antioxidante de plantas de uso medicinal. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 834-840. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/9/117.pdf>
- Flores, F. G. R., y Ugarte, O. R. M. (2022). Desarrollo vegetativo del orégano (*Plecthranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.) en tres sustratos a nivel de vivero empleando diferentes tamaños de bolsas. *La Calera*, 22(38), 20-23. DOI: <https://doi.org/10.5377/calera.v22i38.14466>
- Franco, G., Estrada, J. A. B., Paz, R. A. O., Diez, C. A. D., Rodríguez, J. A. R., Rojas, J. C. H., y Solarte, I. A. M. (2022). Guía para el establecimiento y manejo de la hierbabuena (*Mentha spicata* L.) en el Suroeste Antioqueño. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7405743>
- Franco, G., Osorio Durango, É. J., Cortés Vera, A. J., López Hernández, L. F., Castro Restrepo, D., Gaviria Gutiérrez, B. M., y Madroñero Solarte, I. A. (2023). Producción de Menta (*Mentha spicata* L.) y su Aprovechamiento Agroindustrial. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406405>
- Garza-Alonso, C. A., Olivares-Sáenz, E., Vázquez-Alvarado, R. E., & García-Treviño, N. E. (2020). Clasificación de regiones para la producción en invernaderos utilizando análisis multivariado. *Nova scientia*, 12(24), 0-0.
- Gómez-Álvarez, R. (2012). Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 43-49. <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-1/5a.pdf>

- Guzmán, C., J., Morales Ovando, M. A., Moguel Ordonez, y., Ancona, d. b., y Lanestosa, A. C. (2022). In vitro antioxidant and  $\alpha$ -amylase inhibitory activity of extracts from peel and pulp of *Chrysophyllum cainito* cultivated in the Mexican southeast. *Journal of Food & Nutrition Research*, 61(1).
- Guerrero-Lagunes, L. A. (2011). Efecto del cultivo hidropónico de Tomillo (*Thymus vulgaris* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(2), 141–149.
- Héctor, E., Barrón, M. L., Godoy, L., Díaz, B., Hernández, M. M., y Torres, A. (2005). Un método para la desinfección y el establecimiento in vitro de la Menta Japonesa (*Mentha arvensis* L.). *Cultivos Tropicales*, 26(1), 69-71  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215916011>
- Hernández-Moreno, L. V., Salazar, J. R., Pabón, L. C., y Hernández-Rodríguez, P. (2022). Actividad antioxidante y cuantificación de fenoles y flavonoides de plantas colombianas empleadas en infecciones urinarias. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1).
- Ignat, I., Volf, I., y Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food chemistry*, 126(4), 1821-1835.
- Juárez, H., M. D. J., Baca Castillo, G. A., Lorenzo, A., Navarro, A., Sánchez García, P., Tirado Torres, J. L., y Colinas De León, M. T. (2006). Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*, 31(4), 246-253.
- Juárez-Rosete, C. R., Aguilar-Castillo, J. A., Juárez-Rosete, M. E., Bugarín-Montoya, R., Juárez-Lopez, P., & Cruz-Crespo, E. (2013). *Hierbas Aromáticas y Medicinales en México*:

- Tradición e Innovación. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), Article 3.  
<https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.06>
- Kaddour, A., Amara, D. G., Moussaoui, Y., Chemsá, A. E., Alia, Z., y Kamarchou, A. (2022). Total phenolic and flavonoid contents of *Mentha spicata* leaves aqueous extracts in different regions of Algeria and their antioxidant, and antidiabetic activities. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 21(9), 1907-1913.
- Koleva, P., Tsanova-Savova, S., Paneva, S., Velikov, S., y Savova, Z. (2021). Polyphenols content of selected medical plants and food supplements present at Bulgarian market. *Pharmacia*, 68, 819-826. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.68.e71460>
- Kumaran, A., y karunakaran, R. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109–114.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.032>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25, 726–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- Lee, J. E., Jayakody, J. T. M., Kim, J. I., Jeong, J. W., Choi, K. M., Kim, T. S., ... & Ryu, B. (2024). The influence of solvent choice on the extraction of bioactive compounds from Asteraceae: A comparative review. *Foods*, 13(19), 3151.
- León-Méndez, G., Osorio Fortich, M. D. R., Torrenegra, M. E., y Gil González, J. (2015). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Plectranthus amboinicus* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 0-0.

- Liotta, M. A., Carrión, R. A., Ciancaglini, N., & Olguin Pringles, A. (2015). Riego por Goteo. PROSAP; INTA.  
[https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/INTA\\_EEASanJuan\\_Liotta\\_Riego\\_por\\_goteo.pdf?sequence=1](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/INTA_EEASanJuan_Liotta_Riego_por_goteo.pdf?sequence=1)
- Longar, M. del P., Pérez Hernández, M. del P. M., y Ríos Martínez, E. (2013). El estado de técnica de la hidroponía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 803–809.
- López-Martínez, S., Chan-Jiménez, J. E., Hernández-López, E. S., y Rodríguez-Luna, A. R. (2023). Oreganón, perejil, cilantro, hierbabuena y albahaca a través de difracción de rayos x. *Biotecnia*, 25(3), 113-124. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i3.1862>
- Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., y Can-Chulim, Á. (2021). Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Madriz, Á. F. V., Servín, J. L. C., & García, A. K. (2024). Procedimientos para la obtención de compuestos fenólicos de quelites mexicanos. *CIENCIA ergo-sum*, 31(1), 22.
- Maldonado, S. H. G., Huacuz, R. S. D., y Chavira, M. M. G. (2017). La realidad de una tradición ancestral. 13.
- Monteleone, J. I., Sperlinga, E., Siracusa, L., Spagna, G., Parafati, L., Todaro, A., y Palmeri, R. (2021). Water as a solvent of election for obtaining oleuropein-rich extracts from olive (*Olea europaea*) leaves. *Agronomy*, 11(3), 465. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030465>
- Meloni, D. A., Lescano, J. A., Arraiza, M. P., y Beltrán, R. E. (2019). Yield, Chemical Composition and functional properties of essential oils from *Mentha spicata* (Lamiaceae) in Santiago del Estero, Argentina. *UNED Research Journal*, 11(3), 327–333. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2624>

- Menyiy, N., Mrabti, H. N., El Omari, N., Bakili, A. E., Bakrim, S., Mekkaoui, M., Balahbib, A., Amiri-Ardekani, E., Ullah, R., Alqahtani, A. S., Shahat, A. A., y Bouyahya, A. (2022). Medicinal uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Mentha spicata*. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM, 2022, 7990508. <https://doi.org/10.1155/2022/7990508>
- Muñoz-Bernal, Ó. A., Torres-Aguirre, G. A., Núñez-Gastélum, J. A., de la Rosa, L. A., Rodrigo-García, J., Ayala-Zavala, J. F., y Álvarez-Parrilla, E. (2017). Nuevo acercamiento a la interacción del reactivo de Folin-Ciocalteu con azúcares durante la cuantificación de polifenoles totales. *Tip*, 20(2), 23-28.
- Nava, M. A. G., Espinosa, O. A. R., Sánchez, L. A. C., Gómez, R. E. L., Piceno, Y. G., y Duarte, A. C. (2022). Producción hidropónica de plantas medicinales en condiciones de invernadero. *Ciencia Uneve*. <https://10.5281/zenodo.7171476>
- Pedraza, R., y Henao, M. C. (2008). Composición del Tejido vegetal y su relación con variables de crecimiento y niveles de nutrientes en el suelo en cultivos comerciales de Menta (*Mentha spicata* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 186-196.
- Pérez, I., Feregrino, A., Ramírez, X., & Jiménez, S. (2019). Influencia del método de secado sobre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en toronjil, tomillo, hierbabuena y menta. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(4).
- Quintero, J. J. (1985). Cultivo del Perejil y de la hierbabuena. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1985\\_14.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1985_14.pdf)
- Rajendran, S. Domalachenpa, T. Arora Himanshu, Li Pai, Sharma Abhishek, Rajauria Gaurav, 2024, Hydroponics: Exploring innovative sustainable technologies and applications

- across crop production, with Emphasis on potato mini-tuber cultivation, *Heliyon*, Volume 10, Issue 5, e26823, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26823>
- Ramírez, M. I. N., Trejo, J. F. G., Pérez, A. A. F., González, R. G. G., y Pacheco, B. P. (2019). Efecto del riego, temperatura y humedad ambiental sobre compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en orégano. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 2(3), 58-67.
- Rafi, M., Meitary, N., Septaningsih, D. A., y Bintang, M. (2020). Phytochemical profile and antioxidant activity of *Guazuma ulmifolia* leaves extracts using different solvent extraction. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 31(3), 171-180.
- Restrepo-Sánchez, D.-C., Narváez-Cuenca, C.-E., y Restrepo-Sánchez, L.-P. (2009). Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colombia. *Química Nova*, 32(6), 1517–1522. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000600030>
- Reyes-Matamoros, J., Martínez-Moreno, D., Fuentes-López, J. G., y Basurto-Peña, F. (2022). Importancia relativa de las especies medicinales ofertadas en el mercado de Tepeaca, Puebla, México. *Polibotánica*, 0(54), 271–289. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.54.17>
- Ricco, R. A., Agudelo, I. J., y Wagner, M. L. (2015). Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. *Lilloa*, 161-174.
- Rivas-Pérez, B. N., Leal Granadillo, I. A., Loaiza Cuauero, L. F., Morillo, Y. E., y Colina Chirinos, J. C. (2017). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en extractos de cuatro especies de Orégano. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(3), 134–142.

- Ronzón-Ortega, M., Hernández-Vergara, M. P., y Pérez-Rostro, C. I. (2012). Producción hidropónica y acuapónica de albahaca (*Ocimum basilicum*) y Langostino Malayo (*Macrobrachium rosenbergii*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2), S63–S71.
- Robles, J. G. (2013). Antropología y Producción Hidropónica: Plantas medicinales en el Valle de Chagüitillo, Sébaco-Matagalpa 2012-2013. *Universidad y Ciencia*, 7(11). <https://doi.org/10.5377/uyc.v7i11.4459>
- Romero, J., Rodríguez, M., Gutiérrez, M., y Sánchez, J. (2013). Vermicompost como sustrato en la producción de Menta (*Mentha piperita* L.). *Revista Mexicana. Ciencia. Agríc.* (5), 889-899. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263128352003.pdf>
- Ruiz, J., García, G., Acuña, I., Flores, H., y Ojeda, G. (2020). Requerimientos agroecológicos de cultivos 2da Edición.
- Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., y López-Cruz, I. L. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*, V(2), 177–183.
- Salehi, B., Stojanović-Radić, Z., Matejić, J., Sharopov, F., Antolak, H., Kręgiel, D., Sen, S., Sharifi-Rad, M., Acharya, K., Sharifi-Rad, R., Martorell, M., Sureda, A., Martins, N., y Sharifi-Rad, J. (2018). Plants of Genus *Mentha*: *From Farm to Food Factory*. *Plants*, 7(3), 70. <https://doi.org/10.3390/plants7030070>
- Sarango, J. A. S., Alejandro, D. F. P., Cueva, M. G. G., Espinoza, J. A. J., Sarango, X. D. C. R., y Salazar, A. J. C. (2024). El Impacto de las verduras hidropónicas en la salud. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(2), 2584-2592.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., y Nakamura, T. (1992). Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *Journal of agricultural and food chemistry*, 40(6), 945-948.

- Sierra, K., Naranjo, L., Carrillo-Hormaza, L., Franco, G., y Osorio, E. (2022). Spearmint (*Mentha spicata* L.) Phytochemical Profile: Impact of Pre/Post-Harvest Processing and Extractive Recovery. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(7), 2243. <https://doi.org/10.3390/molecules27072243>
- Sik, B., Kovács, K., Lakatos, E., Kapcsándi, V., y Székelyhidi, R. (2023). Increasing the functionality of sponge cakes by mint, and cocoa powder addition. *Heliyon*, 9(9).
- SIAPA, (14 de 02 de 2024) Gob.mx.. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera : <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Snoussi, M., Noumi, E., Trabelsi, N., Flamini, G., Papetti, A., y De Feo, V. (2015). *Mentha spicata* essential oil: chemical composition, antioxidant and antibacterial activities against planktonic and biofilm cultures of *Vibrio* spp. strains. *Molecules*, 20(8), 14402-14424. <https://doi.org/10.3390/molecules200814402>
- Surendran, U., Chandran, C., y Joseph, E. J. (2017). Hydroponic cultivation of *Mentha spicata* and comparison of biochemical and antioxidant activities with soil-grown plants. *Acta physiologiae plantarum*, 39, 1-14. <http://doi.org/10.1007/s11738-016-2320-6>
- Swamy, M. K., Arumugam, G., Kaur, R., Ghasemzadeh, A., Yusoff, M. Mohd., y Sinniah, U. R. (2017). GC-MS Based metabolite profiling, antioxidant and antimicrobial properties of different solvent extracts of Malaysian *Plectranthus amboinicus* Leaves. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2017, 1517683. <https://doi.org/10.1155/2017/1517683>

- Téllez, B. C., Pérez, G. A. M., Téllez, M. C., Villegas, J. C. G., y Martínez, R. Q. (2019). Mathematical modeling of oregan leaf drying (*Plectranthus amboinicus*) using direct and Indirect Technologies. *Ingeniería*, 23(3), 1–11.
- Tobar-Reyes, J. R., Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E. J., y Cruz-Castillo, J. G. (2011). Fenoles de interés farmacológico en hojas de Vides Silvestres (*Vitis* spp.) de México. 10(2), 167-172.
- Tripathi, D. K., Singh, V. P., Chauhan, D. K., Prasad, S. M., y Dubey, N. K. (2014). Role of macronutrients in plant growth and acclimation: recent advances and future prospective. *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes: Volume 2*, 197-216.
- Vázquez-Flores, A. A., López-Díaz, J. A., Wall-Medrano, A., y Laura, A. (2012). Taninos Hidrolizables y Condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 84-93.
- Vieyra, M. I. G., Chavez, M. S. G., Valadez, H. N. H., Martínez, R. A. G., Raquel, F. R. L. G. F., González, L., y García, J. A. G. (2023). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de aceites esenciales y extractos de plantas aromáticas. *Jóvenes en la Ciencia*, 21, 1-7.  
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4154>
- Wani, S. A., Naik, H. R., Wagay, J. A., Ganie, N. A., Mulla, M. Z., y Dar, B. N. (2022). Mentha: A review on its bioactive compounds and potential health benefits. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 14(4), 154–168. <https://doi.org/10.15586/qas.v14i4.1129>
- Zaki, F. S., Khalid, K. A., y Ahmed, A. M. (2024). Mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha Spicata* L) growth, essential oil generation and chemical components are impacted by

turmeric curcumin applications. *Discover Applied Sciences*, 6(4), 160.  
<https://doi.org/10.1007/s42452-024-05810-8>.

Zhang, M., Zhang, G., You, Y., Yang, C., Li, P., y Ma, F. (2016). Effects of relative air humidity on the phenolic compounds contents and coloration in the 'Fuji'apple (*Malus domestica* Borkh.) peel. *Scientia horticulturae*, 201, 18-23.


Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

### XIII. ANEXOS

<b>Alojamiento de la tesis en el Repositorio Institucional</b>	
<b>Título de la Tesis:</b>	Extracción de antioxidantes con diferentes técnicas en el sistema foliar de hierbabuena ( <i>Mentha spicata</i> L.) y orégano ( <i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng) cultivados bajo un sistema hidropónico
<b>Autor:</b>	Tamara Yedih De Los Santos Jeronimo
<b>ORCID:</b>	<a href="http://orcid.org/0009-0000-0538-8954">http://orcid.org/0009-0000-0538-8954</a>
<b>Resumen:</b>	<p>Los cultivos de hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>) y orégano (<i>Plectranthus amboinicus</i>) tienen importancias aromáticas y medicinal, así como en la industria por sus propiedades bioquímicas (antioxidante, polifenoles, flavonoides y taninos). El objetivo del estudio fue evaluar la actividad antioxidante con diferentes técnicas de extracción en el sistema foliar de <i>M. spicata</i> y <i>P. amboinicus</i> cultivados bajo un sistema hidropónico. El trasplante se realizó por esquejes en ambos cultivos de <i>M. spicata</i> y <i>P. amboinicus</i>. Se utilizaron bolsas de calibre 400 con un volumen de 15.14 litros, las cuales fueron llenadas con sustrato de tepetzil y bajo un sistema hidropónico. Las cosechas de <i>M. spicata</i> a los 60, 90 y 150; y <i>P. amboinicus</i> fueron a los 60, 90 y 135 días después del trasplante, respectivamente. En el material cosechado se determinó el peso fresco y peso seco en gramos por metro cuadrado. A las muestras deshidratadas fueron sometidas a análisis fitoquímicos para determinar la actividad antioxidante, así como el contenido de polifenoles, flavonoides y taninos en los tres cortes foliares. El diseño experimental fue completamente al azar, con un arreglo factorial (3x3), considerando como factor uno el extractante: etanol, metanol, y solución acuosa; y como factor dos el corte 1, corte 2, corte 3, dando como resultado, un total de 9 tratamientos. Los mejores rendimientos en <i>M. spicata</i> se obtuvieron en el segundo corte, con un promedio de 185 g/m<sup>2</sup> de peso fresco y 36 g/m<sup>2</sup> de peso seco. En <i>P. amboinicus</i> el tercer corte presentó los mayores valores de biomasa, con 1399 g/m<sup>2</sup> en peso fresco y 101 g/m<sup>2</sup> peso seco.</p> <p>En cuanto a la actividad antioxidante, el extracto acuoso mostró los mejores resultados en ambos cultivos: en <i>M. spicata</i> se registraron valores de DPPH (72.80 %), ABTS (88.06 %) y taninos (0.02 µg EQ/mg ms); mientras que en <i>P. amboinicus</i> se obtuvieron en DPPH (25.49 %), ABTS (55.81 %) y taninos (13.78 µg EQ/mg ms), respectivamente. Por otro lado, el extracto etanólico fue más eficiente en la extracción de polifenoles en <i>M. spicata</i> (1.51 mg EAG/g ms), y el metanólico en flavonoides (2.93 mg EC/g ms). En <i>P. amboinicus</i>, el extracto metanólico también presentó los mejores promedios en polifenoles (0.74 mg EAG/g ms) y flavonoides (1.16 mg EC/g ms).</p>
<b>Palabras Clave:</b>	Hidropónico, antioxidante, plantas medicinales

# TAMARA YEDIH DE LOS SANTOS JERONIMO

## EXTRACCIÓN DE ANTIOXIDANTES CON DIFERENTES TÉCNICAS EN EL SISTEMA FOLIAR DE HIERBABUENA (Menth...

 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:495887610

75 páginas

Fecha de entrega

10 sep 2025, 12:14 p.m. GMT-6

15.785 palabras

Fecha de descarga

10 sep 2025, 12:31 p.m. GMT-6

87.763 caracteres

Nombre del archivo

TESIS\_ DE LOS SANTOS TAMARA ORIGINA\_1.docx

Tamaño del archivo

244.2 KB

U.J.A.T.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE  
CIENCIAS AGROPECUARIAS  
JEFATURA DE ESTUDIOS TERMINALES

## 5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

### Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

### Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.