



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y
CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FLAVONOIDES EN MENTA (*Mentha x
piperita*) EN CONDICIONES DE CULTIVO PROTEGIDO**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero/a Agrónomo/a

AUTORES:

Carrillo Garcia Heydy Kym

Quilumba Masapanta Diego Mauricio

TUTORA:

Ing. Gavilanez Buñay Tatiana Carolina M.Sc.

LA MANÁ-COTOPAXI
FEBRERO-2023

DECLARACION DE AUTORIA

Nosotros, Carrillo Garcia Heydy Kym y Quilumba Masapanta Diego Mauricio declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: “EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN CRECIMIENTO VEGETATIVO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FLAVONOIDES EN MENTA (*Mentha x piperita*) EN CONDICIONES DE CULTIVO PROTEGIDO” siendo la Ing. Tatiana Carolina Gavilánez Buñay MSc. tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Carrillo Garcia Heydy Kym

C.I. 1250174297



Quilumba Masapanta Diego Mauricio

C.I 0504519919

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACION

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el título: “EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN CRECIMIENTO VEGETATIVO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FLAVONOIDES EN MENTA (*Mentha x piperita*) EN CONDICIONES DE CULTIVO PROTEGIDO” de los señores Carrillo Garcia Heydy Kym y Quilumba Masapanta Diego Mauricio, de la Carrera de Agronomía, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, enero 2023



Ing. Tatiana Carolina Gavilánez Buñay M.Sc.

C.I.: 1600398190

TUTORA

APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las especificaciones reglamentaria emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por lo cuanto las postulantes: Carrillo Garcia Heydy Kym y Quilumba Masapanta Diego Mauricio con el título de Proyecto de Investigación; “EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN CRECIMIENTO VEGETATIVO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FLAVONOIDES EN MENTA (*Mentha x piperita*) EN CONDICIONES DE CULTIVO PROTEGIDO”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 03 de febrero del 2023

Para la constancia firman:

M.Sc. Luna Murillo Ricardo Augusto

Cl. 0912969227

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

M.Sc. Quinatoa Lozada Eduardo Fabián

Cl. 1804011839

LECTOR 2 (MIEMBRO)

M.Sc. Macías Pettao Ramón Klever

Cl. 0910743285

LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Queremos empezar agradeciendo a nuestros padres, quien con su apoyo incondicional y su esfuerzo nos ayudaron a cumplir lo que hoy es una meta más en nuestras vidas.

Agradecemos a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

También se agradece a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas de tan prestigiosa institución, a toda la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y los docentes que conforman la carrera de Agronomía quienes con sus conocimientos y enseñanzas nos ayudaron a formarnos como profesionales, de igual manera gracias por su paciencia, tolerancia, empatía, apoyo y su amistad brindada.

Finalmente, nuestro agradecimiento a la Ing. Tatiana Carolina Gavilánez Buñay por habernos guiado en este trabajo de titulación, por su tiempo, su apoyo incondicional en el transcurso de todo el proyecto.

Heydy

Diego

DEDICATORIA

*Este trabajo investigativo está dedicado.
A nuestros padres: Iván Carrillo, Marcela Garcia y
Euclides Quilumba, Elsa Masapanta quienes con su
apoyo, sacrificio, amor y esfuerzo han sido nuestros
alentadores para nosotros poder cumplir un logro
más en nuestra vida, gracias a sus consejos y aliento
para no desmayar ante los obstáculos que se nos
presentaron en el transcurso de este largo camino.
Dedico de manera especial a mis tíos que nos
ayudaron de una u otra manera pues ellos fueron
uno de los principales constructores de mi vida
profesional dándome las bases de responsabilidad y
deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el
cual quisiera reflejarme por sus virtudes infinitas y
sus grandiosos corazones*

Heydy

Diego

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “EFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN CRECIMIENTO VEGETATIVO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE FLAVONOIDES EN MENTA (*Mentha x piperita*) EN CONDICIONES DE CULTIVO PROTEGIDO”.

Autores:

Carrillo Garcia Heydy Kym

Quilumba Masapanta Diego Mauricio

RESUMEN

El en proyecto de investigación desarrollado “Efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido”, cuyos objetivos principales fueron evaluar las variables de crecimiento y la concentración foliar de flavonoides. Se elaboró un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 320 plantas. Previamente al establecimiento se determinó la capacidad de campo del cultivo, y mediante riego en diferentes días se evaluaron variables como: altura de planta, materia fresca y seca de las diferentes partes de la planta, tasa de crecimiento, rendimiento y concentración de flavonoides. Los resultados más relevantes fueron de altura de planta a los 60 días (32.36cm) mediante intervalos de riego de 3 días, igualmente en este tratamiento se obtuvo mayor rendimiento de 1764.64Kg/ha. La mejor tasa de crecimiento de igual manera se registró a los 60 días con intervalos de riego de cada 3 días y con 0.038g/días. En la composición de metabolitos de 0.33, 0.38, 0.42 y 0.46% de forma creciente a medida que aumentaron los días de riego (3, 6, 9 y 12 días respectivamente). Mientras que el análisis costo beneficio representó una rentabilidad en todos los tratamientos de 46%, lo que demostró que por cada \$1.00 invertido en el proyecto, se obtiene un beneficio de 0.46ctvs, siendo económicamente rentable.

Palabras clave: *Mentha x piperita*, metabolitos secundarios, flavonoides, tasa de crecimiento

ABSTRACT

The research project "Effect of water stress on vegetative growth and foliar concentration of flavonoids in mint (*Mentha x piperita*) under protected cultivation conditions" whose main objectives were to evaluate growth variables and foliar concentration of flavonoids with an experimental design of completely randomized blocks (DBCA) developed with four treatments and five replicates with a total of 320 plants. Previously, the field capacity of the crop was determined and variables such as plant height, fresh and dry matter of the different parts of the plant, growth rate, performance, and flavonoid concentration were evaluated by irrigation on various days. The most relevant results were plant height at 60 days (32.36 cm) at 3-day irrigation intervals and a higher yield of 1764.64 kg/ha obtained in this treatment. The best growth rate also registered at 60 days with irrigation intervals of every three days with 0.038g/day. The metabolite composition of 0.33, 0.38, 0.42, and 0.46% went up at the same time that the increasing irrigation days (3, 6, 9, and 12 days respectively) while the cost-benefit analysis represented profitability in all treatments of 46%, which showed that for every \$1.00 invested in the project, a benefit of 0.46ctvs is obtained, being economically profitable.

Keywords: *Mentha x piperita*, secondary metabolites, flavonoids, growth rate.

NDICE GENERAL

DECLARACION DE AUTORIA	ii
AVAL DEL TUTORA DE PROYECTO DE INVESTIGACION	iii
APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. Beneficiarios Directos	4
4.2. Beneficiarios Indirectos	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS	6
6.1. OBJETIVO GENERAL	6
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	8
8.1. Cultivo de menta (<i>Mentha x piperita</i>)	8
8.1.1. Generalidades	8
8.1.2. Origen	8
8.1.3. Características botánicas.....	9
8.1.4. Taxonomía.....	10

8.1.5. Morfología.....	10
8.1.6. Requerimientos edafoclimáticos.....	10
8.1.7. Producción.....	11
8.1.8. Uso tradicional.....	11
8.1.9. Composición química.....	12
8.1.10. Cosecha y procesamiento.....	13
8.1.11. Rendimientos.....	14
8.2. Metabolitos secundarios.....	14
8.3. Polifenoles.....	17
8.4. Taninos.....	18
8.5. Flavonoides (Flv).....	19
8.6. Déficit Hídrico.....	20
8.7. Otras investigaciones.....	21
9. HIPÓTESIS.....	23
10. DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
10.1. Ubicación y duración del ensayo.....	23
10.2 Tipo de investigación.....	23
10.2.1. Investigación experimental.....	23
10.2.2. Investigación descriptiva.....	23
10.2.3. Investigación analítica.....	24
10.3. Técnicas.....	24
10.4. Condiciones agro-meteorológicas.....	24
10.5. Materiales y equipos.....	25
10.5.1 Material vegetal.....	25
10.6 Tratamientos.....	25
10.7. Diseño experimental y análisis estadístico.....	25
10.8. Esquema del experimento.....	26

.....	26
10.9. Manejo del Experimento	26
10.10. Variables a evaluar	27
10.10.1. Altura de Planta (cm).....	27
10.10.2. Peso fresco de follaje, ramas y raíz	28
10.10.3 Peso seco de follaje, ramas y raíz	28
10.10.4. Tasa de crecimiento (TAC)	28
10.10.5. Rendimiento.....	28
10.10.6 Composición foliar de flavonoides	29
10.10.7. Análisis costo-beneficio	29
11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
11.1 Altura de planta	30
11.2 Peso fresco y seco de raíz, ramas y hojas	32
11.3. Tasa de crecimiento	35
11.4. Producción de follaje, peso de plantas y rendimiento	37
11.5 Concentración de flavonoides	38
11.6 Análisis costo-beneficio	39
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)	40
13. PRESUPUESTO.....	40
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
14.1. Conclusiones.....	42
14.2. Recomendaciones	42
15. BIBLIOGRAFÍA	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas	7
Tabla 2. Taxonomía de menta	10
Tabla 3. Composición química de menta.	13
Tabla 4. Condiciones meteorológicas del Cantón La Maná	24
Tabla 5. Características de las plántulas de menta	25
Tabla 6. Tratamientos de la investigación.	25
Tabla 7. Esquema de análisis de varianza.	26
Tabla 8. Esquema del experimento.....	26
Tabla 9. Peso fresco de la raíz, ramas y hojas, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (mentha x piperita) en condiciones de cultivo protegido	34
Tabla 10. Peso seco de la raíz, tallo y hojas, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (mentha x piperita) en condiciones de cultivo protegido	35
Tabla 11. Producción según estrés hídrico, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (mentha x piperita) en condiciones de cultivo protegido	38
Tabla 12. Análisis de costo beneficio	40
Tabla 13. Presupuesto para la investigación.....	41

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Estructura básica del esqueleto flavonólico	20
Figura 2. Familias más comunes de flavonoides presentes en las plantas	20
Figura 3. Efecto del intervalo de riego sobre la altura, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (<i>mentha x piperita</i>) en condiciones de cultivo protegido.....	32
Figura 4. Tasa de crecimiento absoluto (($EE \pm 0.0001$; P: 0.001)	37
Figura 5. Porcentaje de flavonoides	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Contrato de cesión no exclusiva de derecho de autor	54
Anexo 2. Currículum del docente.....	57
Anexo 3. Currículum del estudiante.....	58
Anexo 4. Certificado de Urkund	60
Anexo 5. Aval de traducción del idioma ingles	61
Anexo 6. Fotografías de la investigación	62
Anexo 7. Análisis de suelo	64
Anexo 8. Croquis.....	65
Anexo 9. Resultados de laboratorio de composición de flavonoides.....	66

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido.

Fecha de inicio: Octubre del 2022

Fecha de finalización: Febrero del 2023

Lugar de ejecución: Sector el triunfo

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agronómica

Proyecto de Investigación: Sector Agrícola

Equipo de Trabajo: Carrillo Garcia Heydy Kym

Quilumba Masapanta Diego Mauricio

Ing. Tatiana Carolina Gavilánez Buñay

Área de Conocimiento: Agricultura, silvicultura y pesca

Línea de Investigación: Desarrollo y seguridad alimentaria

Sublínea de Investigación: Tecnología para la agricultura

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El en proyecto de investigación desarrollado “Efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido”, cuyos objetivos principales fueron evaluar las variables de crecimiento y la concentración foliar de flavonoides, metabolitos secundarios que se producen como respuesta al estrés hídrico.

Las plantas medicinales, como lo es la menta contiene principios activos, que si bien son los responsables de las propiedades medicinales que se les atribuyen, también lo son de las intoxicaciones y reacciones adversas que pueden manifestarse si se emplean en dosis inadecuadas, dosis elevadas o por períodos prolongados. Durante millones de años muchas de estas especies de plantas han sobrevivido gracias a su capacidad para producir sustancias que las protejan de sus depredadores. Aun cuando algunos de estos compuestos (taninos condensados, fenoles, alcaloides, oligosacáridos y saponinas) son capaces de producir una reacción violenta e inmediata, en la mayoría de los casos tienen un efecto sutil que se manifiesta con la ingestión prolongada (Li *et al.* 2020).

Por lo que en el desarrollo del proyecto se estudió el efecto del estrés hídrico en la producción de flavonoides en el cultivo protegido de menta, utilizando la capacidad de campo previamente medido y controlando por completo el riego dividido en cuatro tratamientos de aplicación de riego (cada 3, 6, 9 y 12 días), evaluándose diferentes variables agronómicas y mediante un análisis foliar el contenido de flavonoides presentes en los cuatro tratamientos en estudio.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las plantas aromáticas se definen como aquellas que pueden generar por algún proceso fisicoquímico un producto con olor o sabor determinado, independientemente de su calidad comercial o estética. Estas especies vegetales son utilizadas a nivel comercial o industrial como material vivo, fresco o desecado o para la obtención de extractivos y aceites esenciales debido a sus características organolépticas, que otorgan aromas, colores y sabores característicos a los alimentos (Elansary, 2017).

Con el nombre de mentas se conocen a una gran cantidad de especies pertenecientes a la Familia Labiatae. En la actualidad se reconocen 18 especies y 11 híbridos con la denominación de

Menta (Elansary *et al.* 2017). El cultivo y utilización de estas especies data de varios siglos. Se les atribuye propiedades digestivas, calmantes, anestésicas, como así también culinarias y cosméticas (Derwich *et al.*, 2010; Kumar *et al.* 2011; Elansary, 2015).

El valor comercial de esta especie está dado por su aceite esencial, cuyo componente mayoritario es el mentol, utilizado en la industria alimenticia, para la fabricación de licores y golosinas, para dar el sabor conocido como “peppermint” y en la industria perfumística. También se comercializan sus hojas desecadas, utilizadas para infusiones y sus hojas frescas con aplicaciones culinarias. Entre sus propiedades medicinales, se destaca por su capacidad estimulante, antiséptica y analgésica. El sabor a “menta” es el tercero en importancia en todo el mundo, después de la vainilla y el limón (Arizio *et al.* 2008).

Según Quinatoa y Gabriela (2015), en Ecuador se han realizado estudios de tipo descriptivo, para determinar el uso de hierbas medicinales en el embarazo y su relación con las creencias acerca de los efectos en el parto. Así como el nivel de conocimiento de los pacientes en lo referente al uso de la fitoterapia, se utilizó una encuesta que permitió verificar la hipótesis. Los resultados demuestran que la totalidad de las mujeres encuestadas usan plantas medicinales para aliviar ciertos síntomas del embarazo, el método más práctico para el uso de plantas medicinales fue la infusión, entre las plantas medicinales más usadas fueron: Manzanilla, Menta, Toronjil, Linaza, Canela, Orégano, Anís, Yerbabuena, Sábila, Ruda, Aguacate, Chirimoya, Higo. Las creencias familiares son las que lideran a los demás tipos mediando así el uso de plantas medicinales. De ahí, la importancia de evaluar el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo, concentración de flavonoides y otros principios activos en el cultivo de la menta.

Las plantas en las regiones con clima tropical están sujetas a estrés hídrico, resultado del déficit de agua y de la alta temperatura. Estudios de la influencia de diferentes factores de cultivo, tales como relación agua-suelo-planta y su aplicación al riego para el incremento de la productividad de la planta son útiles y necesarios para el sector productivo y jardinería. La optimización del uso del agua debe basarse en la selección de plantas con menor demanda de agua. Las plantas aromáticas son muy demandadas tanto por su fragancia como por la resistencia a las condiciones de sequía de ciertas especies. El potencial aromático de estas plantas depende en gran medida de la producción de aceites esenciales y la producción de compuestos secundarios como los flavonoides, los cuales están influenciados por varios factores medioambientales, tales como el estrés hídrico (Ferrández *et al.*, 2003).

El estrés ambiental limita el rendimiento de los cultivos y genera muchos cambios en sus procesos moleculares, como la variación en el perfil de metabolitos y la producción de estos compuestos. La sequía o déficit de agua constituye uno de los tipos de estrés más importantes después de la percepción en las plantas conduce a un incremento inusual en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). Existe una amplia variedad de ROS de radicales libres, como los radicales superóxido, el radical hidroxilo, el radical perhidroxilo y los radicales alcoxi, y las formas no radicales incluyen el peróxido de hidrógeno. Una parte de las ROS producidas participa en la transducción de señales de tolerancia a la sequía e impacta en un proceso biológico como la división celular y la muerte celular programada (PCD), que es causada por un cambio en la expresión de los genes responsables de la tolerancia a la sequía. Las ROS pueden dañar la membrana de las células y aumentar la producción de contenido de malondialdehído (MDA) (Choudhury *et al.*, 2017). Sin embargo, las plantas emplean sistemas enzimáticos y no enzimáticos para hacer frente a las ROS producidas. Los procesos antioxidantes enzimáticos involucraron la actividad de enzimas como catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD), ascorbato peroxidasa (APX) y polifenol oxidasa (PPO) (Rahimi *et al.* 2018).

Pero en las condiciones de clima y suelo de la provincia Cotopaxi, Ecuador existen pocos indicios sobre el conocimiento del efecto del estrés hídrico sobre el cultivo de la *Mentha* y su respuesta productiva en biomasa y sustancias como aceites esenciales y otros compuestos obtenidos por el metabolismo secundario de las plantas que, aunque se generan como mecanismo de defensa ante estas condiciones son utilizados en la medicina verde, cocina y perfumería, debido a que los flavonoides con pigmentos naturales que protegen el organismo del daño causado por agentes oxidantes, mismos que se encuentran en las sustancias químicas presentes en los alimentos.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios Directos

Los 250 estudiantes de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná y sus 7 docentes fueron los beneficiarios directos, quienes debido a la actual investigación que se realizó en ese sector lograron profundizar el conocimiento sobre esta especie medicinal.

4.2. Beneficiarios Indirectos

Los 150 estudiantes de las carreras afines como son agroindustria y los moradores del Cantón La Maná especialmente del sector del Triunfo los cuales podrían utilizar este cultivo medicinal para realizar emprendimientos, además de 200 agricultores que podrían utilizar como sistemas de cultivos mixtos conjuntamente con los cultivos de mayor producción de la zona.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Mentha piperita constituye dentro de las especies vegetales aromáticas con principios activos que sirven de medicina verde con mayor aplicación dentro de la población en la actualidad. Esta dentro de la familia de las Labiadas, tiene varios nombres comunes entre ellos se encuentran: toronjil de menta, menta inglesa. Se considera dentro de las plantas aromática con el tallo ramoso y pequeñas flores verticilos (Quispe, 2016).

Estudios etnobotánicos informan su empleo como astringente, carminativo, antiséptico, estimulante, anodino, espasmolítico y vermífugo. Por su parte, ensayos experimentales realizados a preparaciones galénicas elaboradas a partir de las hojas reconoce su efecto antiviral, antifúngico, antibacteriano, anti-inflamatorio y espasmolítico; este último básicamente por bloqueo en la entrada de calcio a la célula del músculo, con la consiguiente inhibición de la concentración de la musculatura lisa (Quispe, 2016).

Como todas las especies vegetales no escapa al efecto del cambio climático el cual provoca eventos meteorológicos extremos, modifica los patrones globales de precipitación y la intensidad y frecuencia de las sequías (Urbina *et al.* 2015), estrés abiótico que constituye una de las principales amenazas para la productividad de los cultivos, lo que afecta la seguridad alimentaria mundial (Jaemsaeng *et al.* 2018; Saikia *et al.* 2018).

Las plantas contienen principios activos, que si bien son los responsables de las propiedades medicinales que se les atribuyen, también lo son de las intoxicaciones y reacciones adversas que pueden manifestarse si se emplean en dosis inadecuadas, dosis elevadas o por períodos prolongados. Este es un elemento importante a tener en cuenta ya que en cierta medida puede constituir una limitante en el uso de estos recursos y es la presencia de metabolitos secundarios que son producto de la interacción de las plantas con el medio que las rodea y respuestas a diferentes condiciones de estrés. Aun cuando algunos de estos compuestos (taninos

condensados, fenoles, alcaloides, oligosacáridos y saponinas) son capaces de producir una reacción violenta e inmediata, en la mayoría de los casos tienen un efecto sutil que se manifiesta con la ingestión prolongada (Li *et al.* 2020).

Actualmente, la causa de muchas consultas médicas e ingresos hospitalarios, es algún efecto indeseable provocado por el consumo inadecuado de plantas medicinales, se desconoce incluso, que estas sean las responsables de tal efecto. La falta de información objetiva y actualizada sobre los posibles riesgos y beneficios que puede provocar el uso de las plantas medicinales. De acuerdo con Martín (2017) e Isah (2019), la presencia y concentración de estos compuestos puede variar entre especies debido a los efectos de los factores bióticos Herrera *et al.* (2020) y abióticos, aspectos que propician disminución de la actividad fotosintética de la planta y por consiguiente decrecen los niveles de los carbohidratos (glucosa, fructosa y sacarosa) y estos son movilizados para la producción de metabolitos secundarios; así como, los nutrimentos nitrogenados también son destinados a la síntesis de sustancias más complejas provenientes del metabolismo secundario vegetal como mecanismo de defensa (Verdecia *et al.* 2021).

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del estrés hídrico en el crecimiento y concentración foliar de flavonoides sobre la menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las variables de crecimiento vegetativo en el cultivo de menta en condiciones de estrés hídrico producido por intervalos de riego controlado.
- Determinar la concentración foliar de flavonoides producidas como respuesta al estrés en los tratamientos en estudio.
- Realizar un análisis beneficio-costos del cultivo de menta y su comercialización a nivel de planta.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
Evaluar las variables de crecimiento vegetativo en menta en condiciones de estrés hídrico producido por intervalos de riego controlado.	*Muestreo para análisis de suelo *Determinar la capacidad de campo del cultivo *Siembra de las plántulas.	*Altura de planta *Peso fresco y seco de raíz, tallo, hojas a los 0, 15, 30, 45 y 60 días. Tasa de crecimiento absoluto *Rendimiento.	*Libreta de campo. *Fotografías *Datos tabulados.
Determinar la concentración foliar de flavonoides producidas como respuesta al estrés en los tratamientos en estudio.	*Toma de muestras foliares. *Envío de las 4 muestras al laboratorio.	*Cantidad de flavonoides de cada tratamiento.	*Reporte del análisis de laboratorio.
Realizar un análisis beneficio-costo del cultivo de menta y su comercialización a nivel de planta.	*Ingresos y egresos *Cálculo de ingresos y egresos.	*Análisis de costo beneficio con aplicación de fórmulas matemáticas. *Consultar bibliográficamente el precio de venta de las plantas de mentas individuales a consumidor final.	*Facturas los gastos (egresos) *Cálculo de los ingresos utilizando rendimientos.

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023)

8. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

8.1. Cultivo de menta (*Mentha x piperita*)

8.1.1. Generalidades

La hierba buena o *Mentha piperita* L., se considera una especie herbácea, con tronco cuadrado y erecto; abundante ramas, las que crecen hasta llegar a los 80 cm de altura. Las hojas son pecioladas, lanceoladas o agudas, con bordes dentados de color verde oscuro en la parte superior y más clara en el inferior, opuestas, formando nudos de los que surgen ramificaciones del tallo y las inflorescencias (Choudhury *et al.*, 2017). Las flores se hallan agrupadas en tirso densos, al extremo de los tallos y sus ramificaciones, de color púrpura. Los estolones, de sección cuadrangular crecen bajo y sobre la superficie del suelo, en todas las direcciones. Toda la planta tiene un olor característico, fuerte y agradable y un sabor canforaceo, al principio picante, después refrescante. El nombre genérico mentha deriva de la ninfa griega Mintha, enamorada de Zeus a quien la diosa Perséfone, celosa, transformó en planta. El nombre específico deriva de la palabra latina piper, pimienta, por el sabor picante de su esencia (Malheiros *et al.* 2016).

Su cultivo presenta expectativas de expansión en una amplia región geográfica del país; existiendo un aumento de la demanda del producto seco y fresco, como así también de su aceite esencial. La importancia de esta especie se debe a que la América del sur tiene ventajas comparativas para la producción de hierbas aromáticas, debido a su diversidad de climas y la gran extensión de su territorio, apto para el desarrollo de numerosas especies aromáticas y medicinales. Los cambios en los hábitos de los consumidores, especialmente en países industrializados, han influenciado, en gran medida, la selección de materias primas, su industrialización y el comercio de productos naturales (Direito *et al.* 2019).

8.1.2. Origen

Es una planta cuyo origen proviene de Mesopotamia en el Asia. Es cultivada en diversas regiones como: Europa (Francia, Alemania, Inglaterra); Medio oriente (India) y otros países Rusia, y Japón (Díaz *et al.* 2013).

Mientras que, Infojardín (2015), se informa que se adapta a diferentes regiones dentro de las que se encuentran Medio Oriente, Asia y Europa. Especie vegetal, que crece entre 30-90 cm, ocasionalmente peluda o gris-tomentosa. Con crecimiento acelerado, con muchos usos para la

cocina como condimento, en la medicina tradicional en infusiones para problemas estomacales y digestivos. Las hojas miden entre 4-8 cm, presentan forma lanceoladas con tendencia a ser ovaladas, con bordes dentados y pecioladas. Con raíces y tallos cuya biomasa es abundante y fuertes, estolones que crecen debajo de la tierra y dan lugar a un nuevo vástago. Con pequeñas flores lila azulado, que aparecen durante el verano, son agrupadas en espigas cilíndricas (Asohofrucol, 2015).

8.1.3. Características botánicas

Planta herbácea, de color verde, muy ramificado con tallos erguidos y pubescentes, hojas opuestas ovaladas, un tanto aserradas y pubescentes muy aromáticas. Las flores de color lila-azulado se agrupan en espigas terminales (Malheiros *et al.*, 2016). Posee, de tallos erectos cuadrangulares, muy ramificados que pueden alcanzar hasta unos 80 cm de altura. Las flores se encuentran agrupadas en tirso densos de color púrpura, presenta estolones y, como todo híbrido, rara vez da semillas y, cuando existen, éstas tienen un escaso poder germinativo y originan plantas con características diferentes. Tiene un olor fuerte agradable y un sabor canforaceo, al principio picante y después refrescante. Se caracteriza por alta rusticidad, rendimiento y calidad de esencia (INIA, 2008).

La *Mentha x piperita* L. es una especie que produce numerosos estolones. Sus tallos son cuadrados de color púrpura. Las flores son blancas o lilas dispuestas en inflorescencias espiciformes terminales. Las hojas poseen pelos glandulares. Dentro de las más conocidas se siembran dos variedades: variedad vulgaris Solé (conocida como la negra) y Officinalis Solé (variedad blanca). La primera posee tallos purpúreos y hojas verde-oscuras, con nervaduras purpúreas; siendo la más extendida, con mayor crecimiento, adaptabilidad y producción en aceite esencial, aunque este último indicador con más bajo desempeño que la blanca, la cual tiene color de tonalidad verde claro en hojas y tallos (Talbi *et al.*, 2015).

Comercialmente, esta especie se reproduce por vía agámica o vegetativa, ya que raramente da semillas fértiles o presentan una gran variabilidad genética. Se implanta comúnmente por medio de estolones o plantines. Los estolones pueden implantarse en cualquier momento del año, aunque se recomienda en otoño o invierno; mientras que la implantación por plantines se recomienda hacerla a principios de primavera cuando estos alcanzan 10 a 15 cm de altura (Dias *et al.*, 2016).

8.1.4. Taxonomía

La menta pertenece a la familia de las Lamiáceas, es una planta que crece bien en la zona templada norte, se considera natural en Estados Unidos, ha introducida en países como Ecuador, Cuba y cultivada en muchos países.

Tabla 2. Taxonomía de menta

Orden	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae, Nepetoideae
Género	<i>Mentha</i>
Especie	<i>M. piperita</i>

Fuente: Mendoza *et. al.* 2004

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

8.1.5. Morfología

Se puede considerar según su ciclo de vida como una especie perenne, con crecimiento hasta altura de 90 cm. Sus tallos son cuadrado y lineales de color rojizos. Con hojas lineales, pecioladas, ovaladas, glabras o ligeramente pubescentes, agudas y aserradas, con potente nerviación en el envés, brillantes por el haz. Flores que se distinguen por la tonalidad púrpura o lila rojizo y estambres inseridos en el cáliz. Inflorescencias en forma de espigas más largas que anchas, con verticilos bastante separados (Asohofrucol, 2015).

Entre sus características morfológicas destaca el tallo de forma de cuadro y tonalidad violeta. Hojas a ambos lados del tallo, lineales y dentados en sus bordes. Las flores se encuentran en espigas terminales, formando inflorescencias con tonalidad entre blanco a violeta hasta rosa. Con aroma característico y penetrante; su sabor al paladar deja una sensación de frescor (Casapia, 2015).

8.1.6. Requerimientos edafoclimáticos

Por su plasticidad se desarrolla bien en cualquier tipo terreno, aunque es preciso destacar que requiere suelos con abundante materia orgánica y bien drenados; los fuertes y secos no son

apropiados, no soporta el encharcamiento. En el caribe en condiciones edafoclimáticas como las de Cuba su desempeño es aceptable sobre suelos del tipo Ferralíticos rojos de la Habana y Matanzas y del tipo salinos del valle de Guantánamo. En el acondicionamiento para la siembra este cultivo, si deseamos obtener óptimos resultados se estima aplicaciones de materia orgánica entre 10-12 t/ha y Treflan a una dosis de 1,5-2,25 L/ha (Mendoza *et al.*, 2004).

8.1.7. Producción

Para lograr un adecuado establecimiento del cultivo de *Mentha piperita* es importante realizar la obtención de los esquejes a partir de plantas con adecuado desarrollo vegetativo, de ahí que, se obtienen producciones de óptima calidad. Es importante tener en cuenta que existen algunas dificultades a las cuales los agricultores deben superar al momento de adquirir plantas, los viveros que ofrecen productos de plantas al mercado son escasos, y la baja disponibilidad de semilla de calidad. Para el agricultor una alternativa sería obtener sus propias semilla estableciendo pequeños viveros (INIA, 2008).

Lo recomendado por el INIA (2008), para establecer viveros el material inicial debe provenir de distintas fuentes, pudiendo recolectar plantas en predios de productores independientes, para de esta forma multiplicarlas por vía vegetativa, otra forma es recolectar plantas de terrenos silvestres, en sectores húmedos. La multiplicación de *Mentha piperita* es muy sencilla y se realiza por medio de porciones de estolones.

Para el control de plantas no objeto de cultivo, se debe realizar en cuanto los estolones lo permitan, es por ello que se deben realizar limpiezas mecanizadas entre 30 a 45 días, transcurrido este tiempo solo se puede realizar escardas o aplicaciones de herbicidas. Para este control se recomienda emplear Treflan durante preparación de suelo; después del establecimiento se aplicará Prometrina 2 Kg/ha, y Verdict R 2 l/ha, para el control de las gramíneas (Mendoza *et al.*, 2004).

8.1.8. Uso tradicional

Según Quispe (2016), dentro de las propiedades farmacológicas esta planta:

El aceite de menta es un carminativo aromático que reduce la presión intracolónica y alivia la flatulencia. Es un agente antibacterial, insecticida, colerético y secretolítico; además tiene un efecto refrescante en la piel.

También, es capaz de bloquear el estímulo excitativo del calcio debido a sus características antiespasmódicas propias de los bloqueadores de canales de calcio que muestran el mentol, por lo que presenta una actividad antiespasmódica a nivel del músculo liso del tracto gastrointestinal. Algunos reportes han sugerido la utilidad del aceite de menta, bajo una forma dosificada con cubierta entérica, en el síndrome de colon irritable, por medio de una acción meramente local sobre el tracto gastrointestinal. Además, produce efecto relajante sobre los músculos de las vísceras y es por esta razón es ampliamente utilizada en medicina alternativa como terapia antiespasmódica (Islam *et al.*, 2017).

Dentro de sus innumerables empleos se puede utilizar como digestivo y anti flatulento, con este uso se previene los dolores de estómago, fiebre, náuseas y dolor de cabeza. Sus hojas y flores se emplean como antiespasmódicos, diaforéticos y estomáticos. Se puede controlar la congestión nasal, palpitaciones cardíacas, diarreas y curación de los cálculos biliares. Es una planta típica en la comida inglesa, en la que se usa fresca o seca, ya que no pierde su aroma, además de usarse para el té; es un excelente aderezo que congenia con casi todas las comidas y aderezos. Su aroma se extrae para aromatizar licores, chocolates y caramelos. Su uso en exceso puede causar intoxicaciones (Najafian *et al.*, 2016).

8.1.9. Composición química

La menta posee un importante aporte de vitamina C, vitamina B9, calcio, fibra, hierro, magnesio, potasio, agua y vitamina B2 (Farnad *et al.* 2014).

Tabla 3. Composición química de menta.

Descripción	Aporte en 100g
Carbohidratos	14.89 g
Fibra alimentaria	8.00 g
Grasas	0.94 g
Proteínas	3.75 g
Agua	78.65 g
Retinol (vit. A)	212 µg (24%)
Tiamina (vit. B1)	0.082 mg (6%)
Riboflavina (vit. B2)	0.266 mg (18%)
Niacina (vit. B3)	1.706 mg (11%)
Vitamina B6	0.129 mg (10%)
Vitamina C	31.8 mg (53%)
Calcio	243 mg (24%)
Hierro	5.08 mg (41%)
Magnesio	80 mg (22%)
Fósforo	73 mg (10%)
Potasio	569 mg (12%)
Sodio	31 mg (2%)
Zinc	1.11 mg (11%)

Fuente: Salud y Buenos Alimentos (2015)

8.1.10. Cosecha y procesamiento

Las partes del material vegetal con mayor utilidad son sus hojas y flores, las cuales se cosechan durante la floración. En pequeñas extensiones de este cultivo su cosecha puede ser realizada a mano con guadañas. En plantaciones a gran escala esta labor puede realizarse con equipos de cosechar forraje. Durante esta labor, las plantas son cortadas en la base y posteriormente son transportadas para ser secadas en un lugar apropiado, posteriormente debe ser trillado para separar la hoja del tallo (INIA, 2008).

Antes de la floración durante el verano, se realiza la recolección de la planta durante los meses de junio y julio. Para realizar este procedimiento, la planta se corta lo más cerca del suelo e decir en la base del tallo, procediéndose a la separación de las hojas de los tallos ese propio día;

si queremos recolectar los órganos florales, el corte se efectúa en la parte inferior de la misma (Casapia, 2015).

El secado puede realizarse de forma artificial con la ayuda de horno o estufa pero sin sobrepasar nunca los 30 °C, debido a que el calor puede afectar sus principios activos y alterar sus propiedades. Es recomendable realizar este proceso en lugares con sombra u oscuros para evitar la fotorespiración y la pérdida de estos principios activos de ahí que el proceso debe ser a la sombra con baja temperatura y buena ventilación, para conservar el verde natural de sus hojas. Si se trituran las hojas o la sumidad florida, se perderá rápidamente la esencia y por tanto todo su valor (Rahimi *et al.*, 2017).

8.1.11. Rendimientos

Un aspecto importante de destacar es que, si bien el rendimiento por hectárea es una variable relevante a considerar al momento de seleccionar los mejores ecotipos, también es necesario determinar los contenidos de aceite esencial que produce cada uno de ellos. En dependencia de las condiciones edafoclimáticas se pueden obtener alrededor de 20 t/ha de masa verde de 12 t/ha en la primera cosecha y 8 en la segunda cosecha con rendimiento de 40 kg/ha de aceite esencial (INIA, 2008).

El rendimiento en materia verde aproximado es de 7 000 a 12 000 kg/ha equivalente a 2 000 a 3000 kg/ha de material seco. El rendimiento en aceite esencial es de 20 a 45 kg/ha, cuyo componente principal es el mentol. Dicho compuesto se halla en diferentes proporciones dependiendo de las condiciones ambientales donde se desarrolla el cultivo y de factores genéticos, pudiéndose encontrar al estado libre y/o combinado con ésteres (Curioni y Arizio, 2006; Figueroa-Pérez *et al.*, 2014).

8.2. Metabolitos secundarios

Existen dos tipos fundamentales de metabolitos: los metabolitos primarios y los secundarios. Los metabolitos primarios son compuestos indispensables para el desarrollo fisiológico de la planta, se encuentran presentes en grandes cantidades, son de fácil extracción y su explotación es relativamente barata y conducen a la síntesis de los metabolitos secundarios. Entre ellos se encuentran aminoácidos proteicos, proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros (Quispe, 2016).

En sus inicios, estos metabolitos se definieron como sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos, productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés, que al estar contenidos en los ingredientes utilizados en la alimentación de animales ejercen efectos contrarios a su óptima nutrición, al reducir el consumo e impedir la digestión, absorción y utilización de nutrientes por el animal. Tienen amplia distribución en el reino vegetal pero su naturaleza, potencialidades y los mecanismos de acción son variados (Butler y Bos, 1993; D’Mello, 1995).

Con posterioridad, Ojeda (1996) y Pérez *et al.* (2008) los definieron como sustancias generadas por el metabolismo natural de las especies vegetales y que, por diferentes mecanismos, ejercen efectos contrarios a la óptima nutrición de los animales por sus efectos en los procesos digestivos y metabólicos. Sin embargo, no se debe perder de vista que la denominación que caracteriza su naturaleza antinutricional fue adoptada a partir del enfoque de recurso alimenticio para herbívoros y no de las funciones que cumplen en los tejidos de los vegetales. Por ello, una denominación de acuerdo con su papel integral sería la de compuestos secundarios, ya que según Ramos *et al.* (1998), se conceptualizan como sustancias ecológicamente eficaces, para diferenciarlas de los compuestos derivados del metabolismo primario en los vegetales, cuya eficacia es fisiológica.

Makkar *et al.* (2007) definieron a los metabolitos secundarios como moléculas que están involucradas en la adaptación de las plantas al ambiente pero, no forman parte de las vías metabólicas primarias para el crecimiento celular y la reproducción. Además, señalaron que en la literatura se emplean términos, en general, como metabolitos secundarios, compuestos vegetales secundarios, fitoquímicos y factores antinutricionales para referirse a ellos. Se considera que existen alrededor de 24000 estructuras químicas (compuestos) en el reino vegetal que tienen efectos tóxicos y antinutricionales, y que en ellos no se incluyen los compuestos polifenólicos oligoméricos (proantocianidinas y taninos hidrolizables), pero con el desarrollo de la ciencia y de los métodos analíticos este número puede incrementar.

Los principales metabolitos secundarios de las plantas están constituidos por inhibidores de proteasas, lectinas, aminoácidos no proteicos, glicósidos cianogénicos y taninos. Según Jiménez (2011). Se considera que existen alrededor de 24000 estructuras químicas (compuestos) en el reino vegetal que tienen efectos tóxicos y antinutricionales, y que en ellos

no se incluyen los compuestos polifenólicos oligoméricos (proantocianidinas y taninos hidrolizables), pero con el desarrollo de la ciencia y de los métodos analíticos este número puede incrementar (Etesami y Maheshwari, 2018).

En la actualidad sus funciones en el vegetal están mucho más esclarecidas que las enunciadas con anterioridad y a las cuales se le pueden añadir: medio de defensa contra herbívoros, reguladores de la simbiosis, control de la germinación de la semilla, efectos alelopáticos, intervienen directamente en la relación planta-animal y contribuyen a la adaptación de las plantas a las condiciones ambientales imperantes (Makkar *et al.* 2007). Sus cantidades varían en cada parte de la planta, especie, semillas, variedad, condiciones de crecimiento, período del año, manejo y tratamiento poscosecha.

En la actualidad sus funciones en el vegetal están mucho más esclarecidas que las enunciadas con anterioridad y a las cuales se le pueden añadir: medio de defensa contra herbívoros, reguladores de la simbiosis, control de la germinación de la semilla, efectos alelopáticos, intervienen directamente en la relación planta-animal y contribuyen a la adaptación de las plantas a las condiciones ambientales imperantes (Makkar *et al.* 2007).

Los aceites esenciales, son líquidos oleosos, aromáticos, pertenecientes al metabolismo secundario de las plantas, formados por una mezcla de diversos compuestos químicos de estructuras diferentes entre los que se incluyen algún tipo de terpenoide y polifenoles. Se obtienen a partir de distintos materiales vegetales, tales como flores, yemas, semillas, hojas, brotes, corteza, madera, frutos, raíces, etc. Se destinan principalmente a la industria perfumística y farmacéutica. Muchos de ellos, o alguno de sus componentes presentan propiedades antimicrobianas, insecticidas y antioxidante como los flavonoides (Meena *et al.* 2017).

Las plantas producen una amplia variedad de moléculas captadoras de radicales libres, como compuestos de nitrógeno, compuestos fenólicos, vitaminas, terpenoides contra el estrés ambiental (Iqbal *et al.* 2015). Los compuestos fenólicos son los constituyentes importantes que participan en el sistema de defensa celular contra los radicales libres en situaciones de estrés abiótico y biótico, así como en diversos procesos de las plantas, como el crecimiento y la reproducción (Días *et al.*, 2016). Ha demostrado que los compuestos antioxidantes como los productos fenólicos pueden aislarse y usarse como antioxidantes para la prevención y el tratamiento de trastornos relacionados con los radicales libres. Los investigadores se han

interesado en la realización de antioxidantes naturales para su aplicación en alimentos y materiales medicinales en lugar de antioxidantes sintéticos con sus efectos cancerígenos (Krishnaiah *et al.* 2011).

Muchas plantas medicinales con efecto conservante sugieren la presencia de constituyentes antioxidantes y antimicrobianos en sus tejidos (Islam *et al.* 2017). Los constituyentes químicos con actividad antioxidante sintetizados en las plantas juegan un papel importante en la prohibición de diversas enfermedades de putrefacción. Estudios anteriores demostraron que los materiales vegetales con el potencial de los constituyentes antioxidantes para la preservación de la salud y la protección contra el cáncer y las enfermedades coronarias están despertando el interés de los científicos y los fabricantes de alimentos (Pandey y Rizvi, 2009).

8.3. Polifenoles

La utilización de sustancias fenólicas se remonta a tiempos muy antiguos, algunas de ellas se usaron por primera vez en procesos industriales, como los taninos, los cuales se usaron en el curtido de pieles, elaboración de tinta y refinado de vinos. Estas prácticas industriales, eran enteramente empíricas, debido a que se desconocía la verdadera naturaleza de los compuestos utilizados y consecuentemente el fundamento de sus propiedades (Vitores, 2001).

Los compuestos fenólicos constituyen el grupo de productos naturales más importantes y ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Muchos de ellos, son de gran importancia fisiológica y ecológica para las plantas que los producen. Los fenoles poseen, un anillo bencénico, con uno o más grupos hidroxilo, libres o sustituidos. La biosíntesis del anillo bencénico es uno de los procesos fundamentales de la biología, de especial importancia fisiológica, genética, fitoquímica y ecológica para la planta, y también quimio-taxonomía por la variedad de compuestos específicos que producen frecuentemente (Orozco *et al.* 2002).

Los compuestos fenólicos en los alimentos y productos nutraceuticos, son uno de los principales metabolitos secundarios en plantas, derivados de fenilalanina y, en menor medida en algunas plantas, también a partir de tirosina. Químicamente, los compuestos fenólicos pueden ser definidos como una sustancia que posee un anillo aromático que lleva uno o más grupos hidroxilo, incluyendo arreglos que derivan en su funcionalidad. Su presencia en los tejidos animales y materiales no vegetales se deben generalmente a la ingestión de alimentos vegetales. Compuestos fenólicos sintéticos también pueden entrar en el sistema alimentario a través de su

incorporación intencional con el fin de evitar la oxidación de sus componentes lipídicos (Solís-Silva *et al.* 2018).

En los alimentos pueden estar presentes diferentes compuestos denominados metabolitos secundarios, entre los que se encuentran los compuestos fenólicos, los cuales provienen de plantas y frutos. Poseen actividad antioxidante, antiinflamatoria, quimioprotectora, neuroprotectora, reguladora de la glucosa, moderadora del metabolismo de lípidos, entre otras (Solís-Silva *et al.*, 2018).

Gracia (2007), plantea que los compuestos fenólicos presentan un numeroso grupo ampliamente distribuido en la naturaleza. Son componentes importantes en la dieta humana, el consumo promedio de fenoles en los países europeos se estima en 23 mg/día. Existe un interés creciente en los compuestos fenólicos debido a su efecto contra algunas enfermedades como ciertos cánceres y desordenes cardíacos derivados de su poderosa actividad antioxidante.

Los compuestos fenólicos presentes en la dieta mejoran la estabilidad frente a la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), proceso que ha sido asociado de forma significativa con la génesis de aterosclerosis y enfermedades del corazón (Steinbert *et al.*, 1989). Los compuestos fenólicos presentes en las frutas incluyen a un amplio rango de componentes con actividad antioxidante, tales como los ácidos hidroxicinámicos, hidroxibenzóicos, flavonoles, flavanoles, antocianinas, etc. La abundancia relativa de cada uno de estos compuestos depende en gran medida de la especie, tipo de cultivo, piel y parte comestible o pulpa, suelo, estado de madurez, horas luz, incluso de la fertilización (Eberhardt *et al.* 2000; Barberan *et al.* 2001; García *et al.* 2011). Gonzáles (2013), notificó que, los compuestos fenólicos se clasifican en tres grandes grupos: Fenoles simples y ácidos fenólicos, flavonoides y taninos.

8.4. Taninos

De la palabra inglesa tanning (curtido), el término tanino originalmente se usó para describir las sustancias de los extractos vegetales empleados para curtir cueros de los animales. Se definen como compuestos naturales polifenólicos, que forman complejos con proteínas, carbohidratos y otros polímeros del alimento. Capaces de precipitar Alc, gelatinas y otras proteínas en soluciones acuosa (Taiz y Zeiger, 2002).

Por su estructura y reactividad hacia los agentes hidrolíticos se clasifican en: taninos hidrolizables y condensados. Los primeros o galotaninos son fácilmente hidrolizables por ácidos o enzimas. Los taninos condensados (proantocianidinas) son polímeros flavonoides, no susceptibles a hidrólisis, pero pueden ser degradados por oxidación con ácidos fuertes para producir antocianidinas. Existen reportes sobre su degradación en los procesos de fermentación anaeróbica (Kumar y D'Mello, 1995; García y Medina, 2006; Jiménez, 2011).

8.5. Flavonoides (Flv)

Uno de los dos grandes grupos de compuestos fenólicos junto con los ácidos fenólicos, son derivados del benzo- γ -pirano. Poseen varios grupos hidroxilos enlazados a estructuras anulares, C₆-C₃-C₆. En dependencia del grado de oxidación y de sustitución del anillo pirano central pueden subdividirse en flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavanos y antocianinas. El anillo pirano puede ser abierto (chalconas) y reciclado en anillo furano (auronas) (Cartaya y Reynaldo, 2001).

Los Flv son importantes para el desarrollo y buen funcionamiento de las plantas al protegerlas contra agentes externos, como la radiación UV, microorganismos, animales herbívoros y del medio ambiente. Pueden actuar como señalizadores químicos, indicando a los insectos la planta apropiada para su alimentación (Ryan *et al.*, 2014). En su relación con el hombre, se utilizan para tratar enfermedades relacionadas con procesos inflamatorios y desórdenes cardiovasculares, debido a la actividad que ejercen en el sistema circulatorio, mejoran la circulación periférica, movilización del colesterol y disminuyen la fragilidad capilar. Algunos Flv pueden presentar actividad hepática protectora, antialérgica, antitrombótica, anticancerígena, antibacteriana, antifúngico e incluso pueden ejercer efectos inhibidores de algunas enzimas (Martínez *et al.*, 2002).

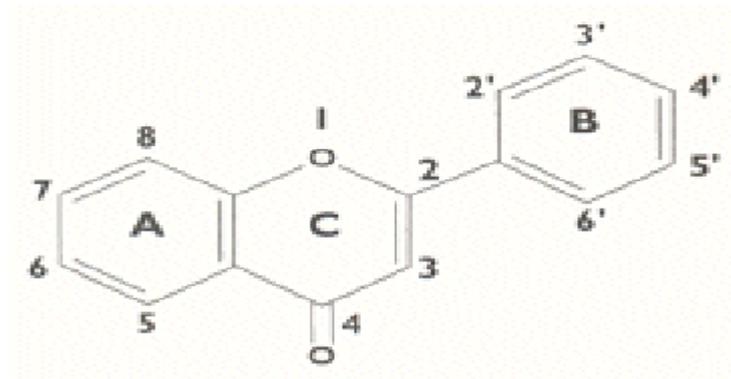


Figura 1. Estructura básica del esqueleto flavonólico
Fuente: Jimenez y Girbés (2013).

Según Jiménez y Girbés (2013), en función de los diversos sustituyentes y su colocación espacial aparecen diversas familias de flavonoides. Las familias más importantes se indican a continuación, dando alguno de los ejemplos más importantes de compuestos de cada familia.

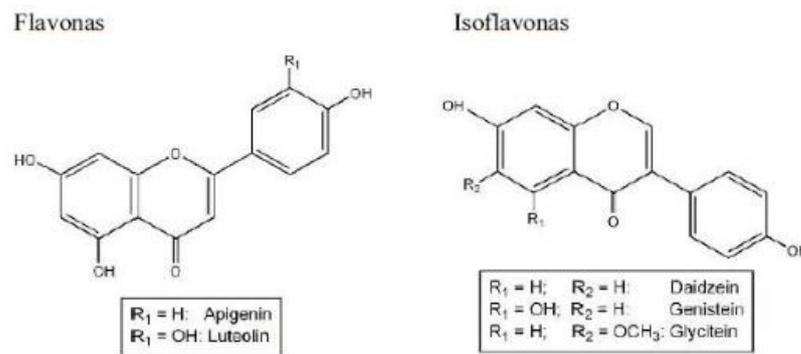


Figura 2. Familias más comunes de flavonoides presentes en las plantas
Fuente: Jimenez y Girbés (2013).

8.6. Déficit Hídrico

El déficit hídrico en las plantas se puede definir como el estado en el cual, la demanda de agua es mayor que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido, es decir el déficit hídrico es la falta o escasez de agua. Dicho concepto está muy relacionado con sequía, ambos términos se relacionan con lo que se denomina disponibilidad hídrica, es decir el equilibrio entre la oferta y la demanda de agua en el medio (García-Caparrós *et al.* 2019).

Se dice que una planta está sometida a estrés cuando algún factor ambiental impide su crecimiento óptimo. El estrés hídrico en las plantas es cuando se ve afectada por la falta de agua y, debido a que la demanda de agua en la planta es mayor a la disponible y el funcionamiento normal de ésta se ve afectado negativamente (Moshrefi-Araghi *et al.*, 2019).

El déficit de agua en las plantas, no resulta una limitante para su distribución en las diferentes condiciones climáticas de la superficie terrestre. Esta amplia distribución se debe a que las plantas cuentan con mecanismos muy eficientes para hacer frente a los factores ambientales adversos (Fazil *et al.*, 2021).

El déficit hídrico en las plantas, indica situaciones en que las células y tejidos no están plenamente turgentes, acompañado del cierre de las estomas. El déficit hídrico puede variar desde un pequeño descenso del potencial osmótico y del potencial hídrico, que solo puede percibirse si se mide con instrumentos, pasando por el marchitamiento transitorio a medio día, hasta el marchitamiento permanente y la muerte por desecación. Es decir, el déficit hídrico se produce siempre que la pérdida por transpiración es mayor que el coeficiente de absorción (Azad *et al.* 2021).

Las plantas durante su fase inicial (plántula) al estar en estrés hídrico sufren mayores alteraciones en el desarrollo de sus órganos, debido a que éstos aún están por formarse o están en formación en comparación con una planta adulta, en la cual la mayoría de sus órganos ya están formados (Choudhury *et al.*, 2017). El tiempo requerido para causar daños o alteraciones en una planta a causa del estrés hídrico depende de la especie, se dice que una especie es resistente a la sequía cuando tiene la capacidad de enfrentar con éxito la exposición a la falta de agua (Chrysargyris *et al.* 2019).

8.7. Otras investigaciones

- Diversos son los usos que se les da a las plantas aromáticas y medicinales en las diferentes regiones del mundo. En este sentido Ordinola-Ramírez *et al.* (2019), con el objetivo de determinar las plantas medicinales utilizadas para el alivio de la fiebre en pobladores del Asentamiento Humano Pedro Castro Alva. Aplicaron entrevistas se aplicaron a 130 pobladores encargados del hogar, teniendo en cuenta criterios de inclusión, que los pobladores usen las plantas medicinales para tratar el síndrome febril. Los resultados evidencian que la planta más usada por los pobladores del Asentamiento Humano Pedro Castro Alva para el alivio de la fiebre, fueron la hierba santa (*Cestrum auriculatum* L`Hér.) con un 36,92%, usando normalmente toda la planta en forma de compresas. Así mismo, el 24,61% utiliza las hojas del matico (*Piper aduncum* L.) en forma de infusión. Mientras que un 16,15% utiliza toda la planta de la verbena (*Verbena litoralis* Kunth.) en forma de tintura, mientras un 13,85% utiliza las hojas de menta

(*Mentha piperita* L.) en infusiones y solo un 8,47% usa la raíz de la valeriana (*Valeriana pilosa* Ruiz & Pav.) en forma de infusión o compresa, siendo esta la planta menos usada para el síndrome febril. Las plantas usadas para el tratamiento del síndrome febril, en el Asentamiento Humano Pedro Castro Alva y son de gran interés y estudio, pudiendo ser usadas como una valiosa alternativa en los puestos de saludos.

- Con el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad antioxidante, principios activos (ácido cafeico y ácido rosmarinico) y Análisis proximal de ocho hierbas aromáticas liofilizadas del sur de Chile: hierbabuena, menta, romero, lavanda, melisa, malvarrosa, tomillo y caléndula (Flores Calderón *et al.*, 2022) notificaron que los resultados obtenidos demuestran que la menta presenta mayor capacidad antioxidante en comparación con el resto de hierbas analizadas (71.542,90 μ moles ET/100g), seguido por malvarrosa y por tomillo. En cuanto a principios activos, la hierbabuena fue la que presento mayor cantidad de ambos compuestos (8 mg/g p.s. de ácido cafeico y 33 mg/g p.s. de ácido rosmarinico), seguido por lavanda para ácido cafeico y por tomillo para ácido rosmarinico. En relación a análisis proximal, los resultados para proteína variaron entre 6,62 y 20,78 g/100g, para lavanda y hierba buena respectivamente. Arribando a la conclusión de que las hierbas aromáticas del sur de Chile han arrojado altos valores para capacidad antioxidante y principios activos, lo que aporta a potenciales usos y beneficios en la salud humana.
- Castellanos *et al.* (2019), con el objetivo de valorar el conocimiento etnobotánico de las formas tradicionales de uso de las plantas medicinales de los miembros de la comunidad de Mocoy Abajo parroquia Cruz Carrillo del municipio Trujillo, Venezuela. Tomo una población de 20 personas de la comunidad que manifestaron tener conocimiento del uso de plantas medicinales, a quienes se les aplicó la encuesta TRAMIL para obtener una información etnofarmacológica. Se registraron 43 especies, pertenecientes a 29 familias botánicas. Entre las plantas medicinales que mostraron uso significativo (NUS > 20 %) conforman: *Euphorbia hirta* (55 %), *Gliricidia sepium* (45 %), *Aloe vera* (40 %), *Carica papaya*, *Mentha piperita*, *Alpina speciosa* con 30%, *Tithonia diversifolia*, *Chenopodium ambrosioides*, *Cymbopogon citratus*, *Hydrocotyle umbellata* con 25 % y finalmente con un valor del 20 % *Taraxacum officinale*, *Nasturtium officinale*, *Plantago major* y *Verbena litoralis*. Predominaron las plantas cultivadas en comparación con las de origen silvestre, utilizadas para los siguientes problemas locales de salud: fiebre, infecciones respiratorias, diarrea, tos, oxigenante, depurativo. La forma de preparación más común

fue la decocción (Té), administrado por vía oral y la parte botánica mayormente utilizada son las hojas.

9. HIPÓTESIS

9.1 Ha: Existe un efecto sobre la producción de flavonoides y en el crecimiento de menta (*Mentha x piperita*) como respuesta al estrés hídrico.

9.2 Ho: No existe un efecto sobre la producción de flavonoides y el crecimiento de menta (*Mentha x piperita*) como respuesta al estrés hídrico.

10. DISEÑO METODOLÓGICO

10.1. Ubicación y duración del ensayo

El proyecto se llevó a cabo en el sector el Triunfo, Cantón La Maná, las temperaturas máximas es de 30° máxima y mínima de 17°, humedad relativa de 86.83%, precipitación promedio anual de 3029.30 mm y 735.70 horas luz año⁻¹, y sustrato un suelo franco-arenoso, con una duración de 75 días (INAMHI, 2022).

10.2 Tipo de investigación

10.2.1. Investigación experimental

El presente trabajo utilizó un tipo de investigación experimental debido a que se realizó en cultivo protegido, realizando las mediciones de variables morfo agronómicas para determinar su respuesta al cultivo de menta, a la vez que realizando un control de riego someterlas a un estado de estrés hídrico y poder contabilizar la concentración de flavonoides al final del experimento.

10.2.2. Investigación descriptiva

También la investigación es descriptiva debido a que mediante la toma de los datos se puede caracterizar el comportamiento agronómico del cultivo de menta a las condiciones sometidas, permitiendo recopilar información para posteriormente analizarla y lograr determinar los mejores tratamientos.

10.2.3. Investigación analítica

La investigación también es analítica debido a que el uso de programas estadísticos especializados para el diseño experimental, permitió determinar el mejor tratamiento en la producción de flavonoides

10.3. Técnicas

Observación de campo: esta es una de las técnicas más importantes debido a que es necesaria para el control de los datos y que sean tomados adecuadamente.

Registro de datos: mediante esta técnica se llevó un cuaderno de campo tanto físico como digital para el manejo de los datos.

Tabulación de datos: Los datos fueron tabulados inicialmente en el programa Excel, para luego ser llevados al software estadístico SPSS, el cual permitió conocer los mejores tratamientos y sus medias.

10.4. Condiciones agro-meteorológicas

Las condiciones meteorológicas de la zona de estudio se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Condiciones meteorológicas del Cantón La Maná

Parámetros	Valores promedios
Altitud m.s.n.m	223
Temperatura máxima (°C)	33
Temperatura mínima (°C)	22
Temperatura media anual °C	23
Precipitación media mm/año	2854
Humedad relativa %	89

Fuente: Estación del instituto Nacional de meteorología e Hidrología (INAMHI) (2022).

10.5. Materiales y equipos

10.5.1 Material vegetal

A continuación, se muestran las características de las plántulas de menta que fueron adquiridas en un negocio local con una edad de 60 días y lo más homogéneas posibles:

Tabla 5. Características de las plántulas de menta

Tipo	Descripción
Método de multiplicación	Estacas
Emisión de flores	70-80 días
Edad de plántulas	60 días

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

10.6 Tratamientos

Los tratamientos en la investigación fueron 4, el primero al que se denominó testigo debido a que la planta de menta requiere un riego de cada tres días para su crecimiento, mientras que los otros 3 serán las condiciones de estrés hídrico que serán sometidas las plantas de un máximo de 12 días sin riego, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Tratamientos de la investigación.

Orden	Tratamiento
T1	Testigo (Riego cada 3 días)
T2	Condición de estrés 1 (riego cada 6 días)
T3	Condición de estrés 2 (riego cada 9 días)
T4	Condición de estrés 3 (riego cada 12 días)

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

10.7. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental que se empleó es el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con con 4 tratamientos incluido un testigo y 5 repeticiones, en el siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza. Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 22 para Windows y la diferencia de medias mediante tukey al 5%.

Tabla 7. Esquema de análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	
Bloques (Repeticiones)	(r-1)	4
Tratamientos	(t-1)	3
Error experimental	(t-1) (r-1)	12
Total	(t.r-1)	19

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

10.8. Esquema del experimento

Tabla 8. Esquema del experimento.

Tratamiento	Repeticiones	U. E	Total
T1: Testigo (Riego cada 3 días, según bibliografía óptimo para este cultivo)	5	16	80
T2: Condición de estrés 1 (riego cada 6 días)	5	16	80
T3: Condición de estrés 2 (riego cada 9 días)	5	16	80
T4: Condición de estrés 3 (riego cada 12 días)	5	16	80
Total			320

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

10.9. Manejo del Experimento

El experimento se realizó en sector el triunfo del Cantón La Maná bajo condiciones de cultivo protegido completamente cubierto debido a que los tratamientos que se realizaron es el tiempo de riego que fueron cada 3, 6, 9 y 12 días.

10.9.1 Análisis de suelo

Al inicio se realizó un análisis de suelo para determinar el estado inicial con el cual se trabajó, el cual tuvo un % materia orgánica de 1.4% y se lo llevo a 5% aplicando 403.2g en cada funda de abono orgánico, el pH no fue corregido debido a que Gallardo (1993), menciona que el pH óptimo del cultivo de menta va desde 5.5 hasta 6.5, encontrándose en los rangos adecuados.

10.9.2 Preparación del suelo y trasplante

El suelo a colocar en las fundas se lo desinfectó y se pesó para colocar la misma cantidad en cada funda. Las plántulas fueron trasplantadas a las fundas de polietileno color negro, cuando estas se encontraron ya organizadas por tratamientos se inició el control del riego, en condiciones de cultivo controlado. Las plantas fueron adquiridas en un vivero local, los más homogéneas posibles, las cuales tenían una edad de 60 días, previamente a la implementación se mantuvieron en 15 días de aclimatación en la zona de estudio.

10.9.3 Determinación de la capacidad de campo

Se determinó la capacidad de campo del cultivo para establecer con exactitud la cantidad de agua que se suministró a las plantas. Para ello se fue agregando empezando con 30ml hasta un total de 400 ml hasta que el suelo esté completamente mojado y empiece a drenar el exceso de agua, determinando así que el volumen adecuado fue de 380 ml de riego, el cual fue aplicado en sus respectivos intervalos como se explicó en los tratamientos, cabe recalcar que el agua utilizada fue purificada.

10.9.4 Labores culturales

Se realizó el control de malezas de forma manual en cada una de las fundas, cabe mencionar que no existió fitopatógenos debido a que las características de las plantas medicinales es generar compuestos alelopáticos. El riego por ser uno de los tratamientos no se tomó como labor cultural.

10.10. Variables a evaluar

10.10.1. Altura de Planta (cm)

La altura de la planta se medirá a partir de la base del suelo hasta la última hoja en posición vertical, se realizará esta toma de datos con la ayuda de un flexómetro. Esta variable se registrará cada 15 días después de su trasplante.

Las variables serán tomadas cada 15 días a partir del trasplante hasta un total de 75 días (15, 30, 45 y 60 días)

10.10.2. Peso fresco de follaje, ramas y raíz

Se procedió a separar sus partes en raíz, tallo y hojas, limpiándolas de impurezas, y se tomó los pesos frescos utilizando una balanza semianalítica marca BOECO, sensibilidad 0.01mg

10.10.3 Peso seco de follaje, ramas y raíz

A partir del peso fresco se realizó el proceso de secado, mediante la técnica de gravimetría utilizando una estufa a 110°C por 24 horas y se obtuvo el peso seco, pesando las muestras nuevamente.

10.10.4. Tasa de crecimiento (TAC)

Según Cifuentes y Moreno (2001), la tasa de crecimiento (TAC) es el incremento del material vegetal por unidad de tiempo, expresado en g/día, esta variable se la calculó con los valores de cada parte del vegetal recolectados a los desde los 0 días (trasplante) hasta los 60 días, y se utilizó la siguiente ecuación:

$$TAC = \frac{P2 - P1}{T2 - T1}$$

P2= peso seco final en gramos

P1= peso seco inicial en gramos

T2= tiempo final en días

T1= tiempo inicial en días

10.10.5. Rendimiento

Mediante extrapolación el peso del follaje y según el área de estudio, se llevó a Hectárea para realizar una proyección de rendimiento expresado en Kilogramos, como menciona Boutin (2018):

$$Rendimiento \left(\frac{Kg}{Ha} \right) = \frac{Peso \text{ en campo } (Kg)}{Area \text{ de estudio } (m^2)} * \frac{10000m^2}{1Ha}$$

10.10.6 Composición foliar de flavonoides

Se tomaron muestras de todos los tratamientos y se enviaron al laboratorio de análisis, quienes mediante un análisis espectrofotométrico realizaron la cuantificación de flavonoides de todos los tratamientos.

10.10.7. Análisis costo-beneficio

Para la establecer los ingresos y beneficios obtenidos en cada uno de los tratamientos de estudio se consideró el precio actual del mercado al momento de la cosecha y los rendimientos expresados en cajas producidas, para lo cual se estimaron los siguientes rubros: a. Ingreso bruto por tratamiento Este rubro se obtuvo de multiplicar la producción obtenida por valor comercial de venta de la misma, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{IB = Y * PY}$$

Donde:

IB= ingreso bruto

Y= producto

PY= precio del producto

b. Costos totales por tratamiento (CT)

Para el cálculo de los costos totales se considera cada uno de los valores invertidos para desarrollar las diferentes actividades e insumos empleados en el presente estudio, los mismos que fueron identificados y sumados por cada uno de los tratamientos.

c. Beneficio neto (BN)

Se estableció mediante la diferencia entre los ingresos brutos y los costos totales de cada tratamiento, con ayuda de la fórmula:

$$\mathbf{BN = IB - CT}$$

Donde:

BN = beneficio neto

IB = ingreso bruto

CT = costos totales

d. Relación costo beneficio (C/B)

Se estableció la rentabilidad de los tratamientos mediante la división de los beneficios netos para el costo de producción de tratamiento, empleando la fórmula:

$$C/B = BN/CT$$

Donde:

BN = beneficio neto

CT = costos totales por tratamiento

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Altura de planta

Como se puede apreciar la altura de las plantas (Figura 3) experimentaron un incremento con los días de riego hasta los 12 días con 32.33; 30.5; 27.1 y 22.85 cm para los 3, 6, 9 y 12 días de intervalo de riegos. Mientras que los menores valores fueron a los 0 días con 16.41; 13.53; 10.68; 9.65 cm para los 0, 15, 30, 45 y 60 días de edad, respectivamente, vale destacar que la mayor altura fue de 32,33 cm a los 60 días con 3 días de intervalo de riego.

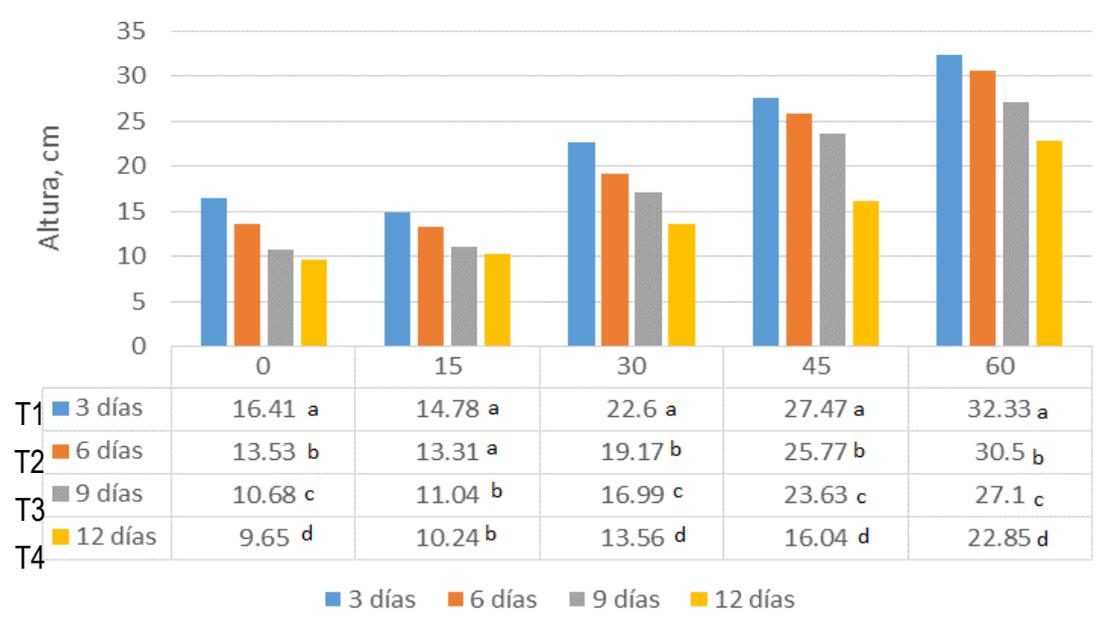
García (2018), al evaluar las interacciones entre la aplicación de fertilización orgánica y estrés hídrico encontraron una adecuada adaptabilidad para contrarrestar los efectos nocivos que provoca la exposición a déficit hídrico. La longitud que es una de las variables que expresan el crecimiento de la planta mantuvieron un aumento progresivo de 2% con el tiempo de muestreo mientras que en la medida que se incrementó los días sin riego estos tuvieron una paulatina disminución este comportamiento se produjo debido a las estrategias fisiológicas presentadas por las plantas en estrés, tal como ajustes osmóticos con el fin de mantener su metabolismo aún

a potenciales hídricos bajos y descenso en la entrada de CO₂ como materia prima para la fotosíntesis.

Por su parte Rosendo (2020), al estudiar el efecto del estrés salino (0, 50, 100 y 150 mM de NaCl) encontró aumentos según los días de muestreo de 4,96; 2,75; 1,35 y 0, 20 cm, respectivamente y disminución según las concentraciones de sales de 6,30 cm. Comportamiento que se debe a la disminución de la capacidad de obtención de agua por parte de la planta, reflejándose rápidamente en la tasa de crecimiento de esta y estando acompañado de una serie de efectos idénticos a los causados por el estrés hídrico. La salinidad puede afectar así al crecimiento a través de cambios en las relaciones hídricas, el equilibrio hormonal y la captación de carbono en función a la concentración y tiempos a la que ha sido expuesta la planta. Estos efectos se pueden apreciar a simple vista no sólo debido a la disminución de crecimiento sino en la pérdida de turgencia y cambio de color.

Al tener en cuenta lo anteriormente descrito en los resultados obtenidos por Esmail-Zade *et al.* (2019) y Rosendo (2020), los que sostienen que en las plantas no solo el déficit hídrico no sólo ocurre cuando hay poca agua en el ambiente, sino también por bajas temperaturas y por una elevada salinidad del suelo, condiciones, capaces de inducir una disminución del agua disponible del citoplasma de las células, también se conocen como estrés osmótico. Las plantas han respondido al estrés hídrico desarrollando evolutivamente adaptaciones tanto a nivel morfológico como anatómico y celular, que les permiten vivir en condiciones de constante estrés hídrico, aspectos que no fueron controlados en el actual estudio, pero que también pudieron influenciar las respuestas de las plantas a las diferentes condiciones que son expuestas.

Figura 3. Efecto del intervalo de riego sobre la altura, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido



11.2 Peso fresco y seco de raíz, ramas y hojas

Para el peso fresco de raíz, ramas y hojas existieron diferencias significativas para todos los indicadores evaluados, con los mejores resultados para el peso de la raíz a los 0, 15, 30 y 45 días (6,76; 11,74; 14,98 y 17,02 g), excepto para los 60 días de edad que no se presentaron diferencias estadísticas entre los intervalos cada de 3 y 6 días de riego con 16,95 y 17,52 g; para las hojas se mantuvo un comportamiento similar con 3,86; 6,49; 9,31; 10,13 g (0, 15, 30 y 45 días), sin diferencias significativas para 60 días de edad del vegetal con 9,37 y 9,95 g en los intervalos de riego cada 3 y 6 días. En el caso de las ramas los mayores valores fueron cada 3 días de riego (2,94; 7,54; 11,54; 13,37 y 10,49 g) (tabla 9).

Para el peso seco (tabla 10) existió diferencias significativas con los mejores valores de peso seco para las raíz y ramas fueron a 0, 45 y 60 días con riegos cada 3 días (2,62; 7,30 y 5,47 g) y (1,56; 2,88 y 1,89 g) y 15 y 30 días con riegos cada 6 días (3,39 y 4,58 g) y (1,53 y 2,25g); respectivamente. Para las hojas el peso seco fue mayor cada 3 días de riego para los 0 y 45 días con 1,91 y 2,18 g y para 15, 30 y 60 días fueron para los riegos cada 6 días con 1,54; 1,75 y 2,10g.

Este comportamiento donde los mejores resultados son encontrados en el menor intervalo de riego 3 días se debe según Martínez-Gordillo *et al.* (2017) los que manifiestan que el efecto del

estrés hídrico inhibía la actividad meristemática y como consecuencia la elongación y número de raíces, las cuales crecen en busca de agua, pero su desarrollo no es marcado, lo que influye en la producción de biomasa y peso fresco. De ahí, que el estrés hídrico induce numerosas irregularidades metabólicas en las plantas, tales como: disminución de la tasa de crecimiento en el vástago y hojas. Por lo tanto, estas alteraciones son ocasionadas por el impacto que se tiene en la morfología y fisiología de las plantas, que van a depender del grado de tolerancia de los tejidos a la deshidratación, principalmente en las hojas por la superficie fotosintética y en la capacidad de acumular solutos y de esta manera se mantiene el contenido de agua necesaria para no verse afectada en cuanto a mecanismos de crecimiento.

García (2018) encontró que la raíz se apreció una ligera diferencia (2 %) entre las condiciones de déficit hídrico. De ahí que, las plantas presenten respuestas de aclimatación frente a escenarios de este tipo, entre los que se encuentra el aumento de los pesos frescos y secos de las raíces, no obstante, este resultado puede estar influenciado además por la fertilización estimulo el desarrollo radical. Al respecto Khan e Ishaq (2011) reportan aumentos en la biomasa de raíz en tomate y chícharo fertilizados con vermicomposta. Los que atribuyen este desarrollo a la disponibilidad de nutrientes aportadas por este fertilizante, así como al efecto de sustancias con influencia similares a las auxinas, las cuales promueven al desarrollo radicular.

Por su parte, Villalobos-González *et al.* (2018), plantean que la elongación de las raíces en suelos que experimentan pérdidas de humedad está limitada por una combinación de impedancia o resistencia mecánica a la penetración por las raíces y el estrés hídrico; y se estima que la elongación de las raíces se reduce 50% en suelos con resistencia a la penetración \square 0.8-2 MPa en ausencia de estrés hídrico y potencial matricial de 0.5 MPa en ausencia de impedancia mecánica (Bengough *et al.* 2011). Aspectos que pudieran haber influenciado el crecimiento y acumulación de biomasa de las raíces en la actual investigación.

El potencial hídrico menor suprime la división celular, el crecimiento de órganos, afecta la fotosíntesis neta y la síntesis de proteínas y altera el balance hormonal de los tejidos vegetales. Desde una perspectiva agronómica, el estrés por sequía es una condición en la que un suministro limitado de agua evita que el crecimiento o el rendimiento de una planta alcance su potencial genético, mientras sobrepasa los mecanismos vegetales de aptitud homeostática para compensar este déficit (Ayed *et al.* 2017).

Al evaluar el efecto riego al 100 y 70% en *M. piperita* García-Caparrós *et al.* (2019) encontraron que el peso de hojas y ramas tanto fresco como seco se vieron afectados, los que asociaron este comportamiento a que en condiciones de déficit hídrico, se produce una disminución de la turgencia que origina una disminución tanto de la crecimiento y desarrollo celular en la parte aérea de la planta, especialmente en tallos y hojas. Por su parte, Fazil *et al.* (2021) al someter a *Mentha arvensis* bajo intervalo de riego cada 2 días y bajo condiciones de luz solar parcialmente sombreadas que son más favorables para que crezca. Las plantas que se enfrentan a una luz solar limitada, extenderán su brote hacia la luz para evitar la competencia y con abundante agua acumula mayor cantidad de biomasa.

Tabla 9. Peso fresco de la raíz, ramas y hojas, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido

Intervalo de riego, días	Edad del material vegetal, días				
	0	15	30	45	60
	Peso de la Raíz (g)				
3	6.76a	11.74a	14.98a	17.02a	16.95 ^a
6	4.86b	11.12a	13.50b	15.57b	17.52 ^a
9	4.39c	10.97b	14.44a	13.28c	15.51b
12	4.34c	9.89c	9.74c	10.60d	15.10b
EE±	0.023	0.953	1.023	1.345	0.856
P	0.001	0.001	0.001	0.0001	0.001
	Peso de las Hojas (g)				
3	3.86a	6.49a	9.31a	10.13a	9.37 ^a
6	2.58b	6.27a	8.59b	7.60b	9.95 ^a
9	1.98c	5.06b	7.72c	6.54c	7.18b
12	1.38c	4.99c	5.60d	5.29d	7.21b
EE±	0.678	0.234	0.785	0.756	0.997
P	0.001	0.001	0.0001	0.0001	0.012
	Peso de las Ramas (g)				
3	2.94a	7.54a	11.54a	13.37a	10.49 ^a
6	1.71b	6.81b	9.46b	7.62b	7.66b
9	0.85c	4.25c	9.22b	7.32b	6.02c
12	0.75c	3.82d	6.50c	4.33c	4.11d
EE±	0.123	0.0324	1.005	1.349	0.894
P	0.001	0.0001	0.001	0.001	0.0001

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

^{abcd} Valores con letras desiguales difieren para $P < 0,05$ (Tukey)

Tabla 10. Peso seco de la raíz, tallo y hojas, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido

Intervalo de riego, días	Edad del material vegetal, días				
	0	15	30	45	60
Peso de la Raíz (g)					
3	2.62a	3.25a	3.56b	7.30a	5.47 ^a
6	1.78d	3.39a	4.58a	6.35b	4.70b
9	1.91d	2.92b	4.56a	6.21b	4.35b
12	1.16c	2.84b	2.87c	4.73c	4.15b
EE±	0.045	0.067	0.0567	0.456	0.035
P	0.001	0.023	0.001	0.001	0.01
Peso de las Hojas (g)					
3	1.91a	1.32b	1.42b	2.18a	1.83b
6	1.25b	1.54a	1.75a	1.69b	2.10 ^a
9	0.51c	1.37b	1.38b	1.74b	1.75b
12	0.35c	1.44b	1.30b	1.18c	1.74b
EE±	0.0239	0.003	0.012	0.067	0.0113
P	0.001	0.01	0.01	0.001	0.01
Peso de las Ramas (g)					
3	1.56a	1.15b	2.15b	2.88a	1.89 ^a
6	1.02b	1.53a	2.25a	2.48b	1.66b
9	0.14c	0.89c	2.05b	2.10c	1.29c
12	0.12c	0.93c	1.35c	1.29d	0.98d
EE±	0.035	0.023	0.05	0.0256	0.023
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.0001

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

11.3. Tasa de crecimiento

Para la tasa de crecimiento absoluto se incrementó con la madurez del vegetal 0.038 g/día a los 60 días mientras que se vio afectado en la medida que se incrementó el intervalo de riego con los valores más bajos con riegos cada 12 días con 0,016; 0,024; 0,021 y 0,017 0 g/día, para los 15, 30, 45 y 60 días de edad del vegetal, respectivamente. Resultados inferiores a los obtenido por Cárdenas *et al.* (2022) con 1 y 0.22 g/días en sistemas de acuapónico y cama contenida.

Sin embargo, se tiene la premisa de que, en estudios anteriores, la TCA fue menor a la obtenida por Espinosa-Moya *et al.* (2018) 2 g/día. Esto posiblemente se deba a que se trabajó con plantas de mayor tamaño y edad, por lo que aumentaban más gramos al día.

Cifuentes y Moreno (2001), al evaluar la tasa de crecimiento absoluto en manzanilla encontraron e observan los datos de la tasa de crecimiento absoluto (g/día). Para esta variable, no hubo ningún efecto de las distancias de siembra en ninguno de los muestreos. La máxima acumulación de materia seca por planta ocurrió entre los 60 y 90 días después del trasplante con acumulación de 0.7 a 1 g/día. El crecimiento es un incremento irreversible en el tamaño de las plantas el cual a menudo es acompañado por cambios en la forma, es decir, es un aumento constante en el tamaño acompañado de procesos como la morfogénesis y la diferenciación celular. El crecimiento es un proceso fisiológico complejo, que depende de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, y disponibilidad de agua y de nutrimentos (Taiz *et al.* 2014).

En la tasa absoluta de crecimiento en Apazote Aguilar-Carpio *et al.* (2021), observaron que la más alta acumulación de materia seca por día se presentó a los 74 días, con la solución nutritiva de Steiner al 100 % (0.340 g/día), en comparación con la concentración al 75 % (0.232 g /día) y al 50 % (0.140 g/día). La TAC se ajustó a un modelo polinómico de segundo grado, donde con la concentración al 100 % se incrementó el peso de la materia seca en 0.025 g/día, lo que indica una mayor acumulación de materia seca, debido a un mejor aprovechamiento de los recursos nutrimentales, y esto a su vez, se relaciona con un incremento en el dosel vegetal.

El déficit hídrico es uno de los principales factores ambientales que afecta el desarrollo de las plantas, este se pone de manifiesto de varias maneras, uno de los principales aspectos es la reducción del crecimiento. En plantas del género *Carica*, condiciones de baja humedad en el suelo han tenido una influencia negativa en el crecimiento y desarrollo de las mismas, viéndose afectado el crecimiento y la productividad. Otros autores han señalado las afectaciones de un período de déficit hídrico en parámetros del intercambio gaseoso en las hojas, así como la incidencia en la abscisión foliar (Hernández-Contreras y Hernández *et al.* 2020).

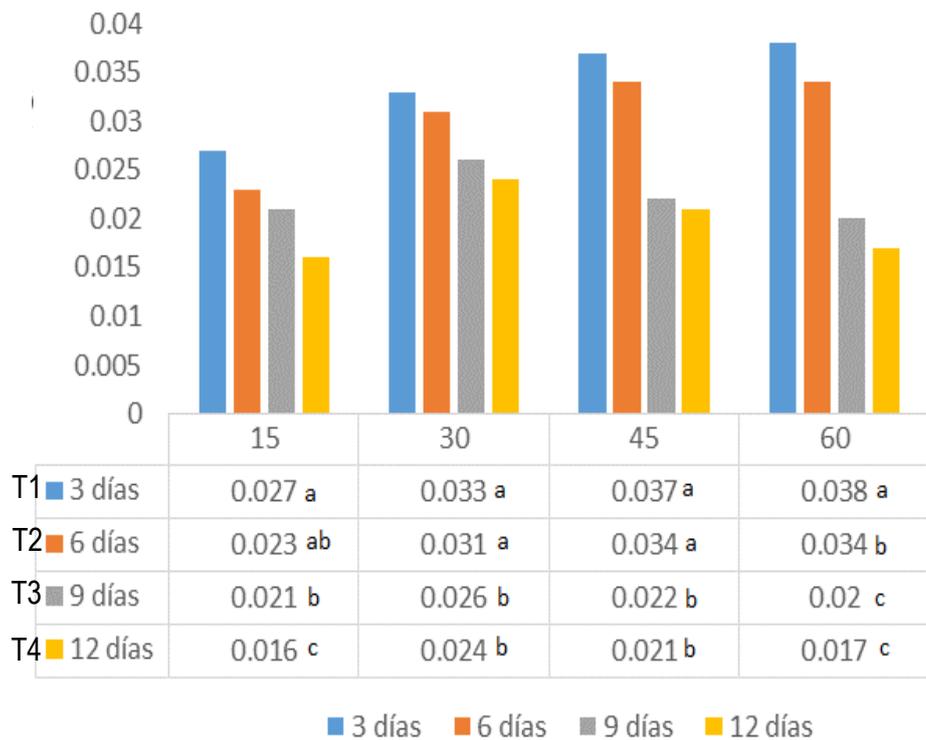


Figura 4. Tasa de crecimiento absoluto ((EE± 0.0001; P: 0.001)

11.4. Producción de follaje, peso de plantas y rendimiento

La producción de follaje, peso de las plantas por parcela y rendimiento total se vieron afectadas por el efecto de los intervalos de riego en días con los mayores valores en el tratamiento control con 35.29, 564.64 g y 1764.46 kg/ha. El crecimiento de las plantas se afecta fuertemente por estresantes como déficit hídrico, salinidad y temperaturas extremas. La disponibilidad del agua es el factor que más afecta el crecimiento y el rendimiento de las plantas. Las respuestas de las plantas al déficit hídrico son influidas por el periodo, intensidad, duración y frecuencia del estrés, y las interacciones entre plantas, suelo y atmósfera. El rendimiento de los cultivos se reduce más cuando el estrés hídrico ocurre durante las etapas de espigamiento o floración (Saint Pierre *et al.* 2012).

Además, Chen *et al.* (2012) reportaron que los índices de sequía, que miden la sequía con base en la reducción del rendimiento en estrés por sequía con relación a las condiciones de riego, se usan para seleccionar genotipos tolerantes a la sequía. En respuesta al estrés por sequía, hay varias estrategias fisiológicas y morfológicas que van desde evitar la deshidratación hasta la tolerancia a la deshidratación. Índices de sequía que proporcionan una medición de sequía con base en la pérdida de rendimiento bajo condiciones de sequía, comparado con condiciones normales son usados para seleccionar genotipos tolerantes a la sequía. Estos índices se basan

en la resistencia a la sequía, o bien a la susceptibilidad de genotipos a la sequía (Ayed *et al.* 2017).

Tabla 11. Producción según estrés hídrico, con el efecto del estrés hídrico en el crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido

Variable	Intervalos de riegos, días				EE±	P
	3	6	9	12		
Peso follaje/parcela, g	35.29a	34.51a	29.31b	26.99c	1.895	0.0001
Peso plantas/parcela, g	564.64a	552.23b	469.03c	431.86d	9.567	0.0001
Rendimiento total, kg/ha	1764.46a	1725.72b	1465.71c	1349.56d	12.76	0.0001
					5	

^{abcd} Valores con letras desiguales difieren para $P < 0,05$ (Tukey)

11.5 Concentración de flavonoides

Los contenidos de flavonoides se incrementaron con los días sin riego con los mayores valores a los 12 días con 0.46% (Figura 5). Resultados que coinciden con los reportados por Abdel-Hady *et al.* (2018); Wani y Basir (2018) con valores de 0.41 a 0.49 % en extractos acuosos y metanólicos. Los compuestos fenólicos y flavonoides son los metabolitos secundarios de más amplia distribución en las plantas. Tienen un importante papel en procesos fisiológicos y ecológicos y están involucrados en la resistencia de las plantas a distintos tipos de estrés. Estos metabolitos tienen varias funciones de defensa y por tanto su biosíntesis en las plantas está inducida generalmente en respuesta a estímulos abióticos y bióticos como sequía, ozono, radiación UV, metales pesados o ataque de patógenos. Aspectos que explican su incremento como respuesta al efecto del estrés provocado por el déficit hídrico. De ahí, las plantas pueden responder frente a condiciones de estrés hídrico con diversos mecanismos. La eliminación de estos constituye una forma de atenuar el impacto de estos radicales reactivos sobre los componentes celulares. El sistema antioxidante de las plantas está integrado tanto por compuestos enzimáticos como de naturaleza no proteica. Entre las enzimas antioxidantes se encuentran superóxido dismutasa, catalasas y peroxidasas; mientras que en la vía no enzimática participan diferentes compuestos polifenólicos (flavononas, antocianinas), carotenoides (á-tocoferol, β -caroteno), ácido ascórbico, glutatión reducido (González *et al.*, 2016).

La concentración de los compuestos fenólicos se ve modificada por estrés biótico y abiótico al que se somete la planta. Factores como la temperatura, la radiación, la nutrición y el riego,

son factores de estrés abiótico que afectan la concentración de fenoles. Además, el estrés hídrico, considerado como estrés abiótico, es estudiado sobre su influencia en la producción de fenoles y flavonoides. Algunas de las plantas estudiadas sobre este tipo de estrés es el plátano (*Musa* spp.) (Moreno Bermúdez *et al.*, 2017), arroz (*Oryza sativa* L.) (Ramírez, 2017), entre otros. Por otro lado, la influencia del estrés abiótico en las plantas aromáticas puede influenciar en compuestos específicos, tal como el efecto de la alta radiación sobre la biosíntesis de carvacrol en orégano en donde se logró incrementar la concentración de este compuesto (Nieto *et al.* 2018).

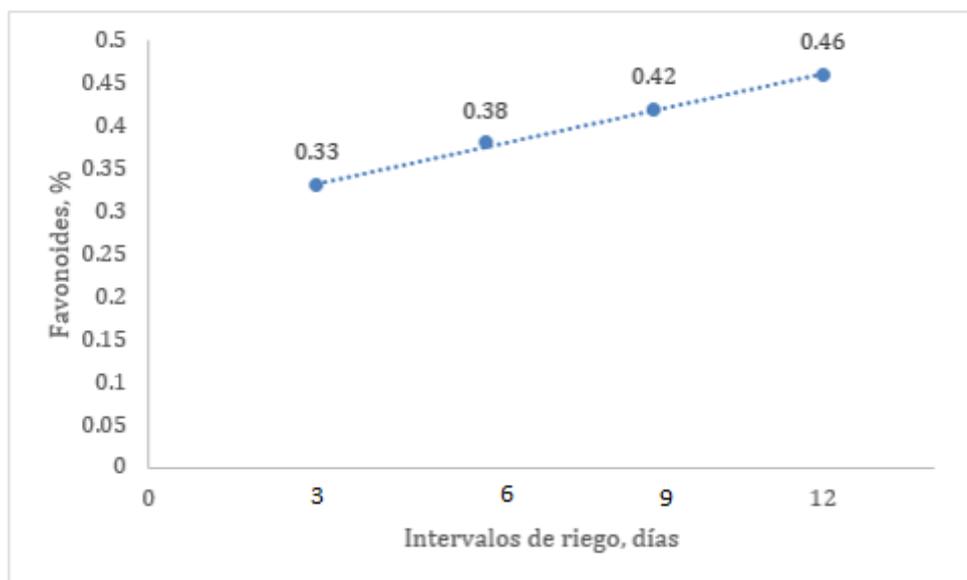


Figura 5. Porcentaje de flavonoides

11.6 Análisis costo-beneficio

En la evaluación del costo beneficio de los tratamientos en estudio se determinó que todos son rentablemente, lo que indicó que por cada dólar invertido, la ganancia será 0.46ctvs y una rentabilidad del 46%. Cabe mencionar que para este análisis como investigadores se decidió retirar del análisis costo-beneficio los costos de los análisis fitoquímicos debido a que no es una actividad regular que la harían los agricultores y esta técnica es netamente para investigación y conocer el efecto del estrés hídrico en la producción de metabolitos, por lo que se encuentran todos los gastos excepto mencionado análisis. Cabe mencionar que para el costo por planta se tomó en cuenta la venta de la planta viva directa que puede llegar a costar hasta \$2.50 (70cm), según el portal especializado en plantas medicinales Huertos-ecuador (2023), por lo que se ha

tomado un valor inferior de la mitad de este precio de \$1.25 para los cálculos de este análisis debido a que las plantas se encontraban en una altura de 35cm.

Tabla 12. Análisis de costo beneficio

Tratamientos	Total de plantas	Precio \$	IB \$	CT \$	BN \$	C/B	Rentabilidad (%)
T1(3 días)	80	1,25	100	68,51	31,49	0,46	46
T2 (6 días)	80	1,25	100	68,51	31,49	0,46	46
T3 (9 días)	80	1,25	100	68,51	31,49	0,46	46
T4 (12 días)	80	1,25	100	68,51	31,49	0,46	46

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)

Técnicos: En la elaboración del proyecto se generaron impactos técnicos en el campo agrícola debido a que con los resultados se reflejó un incremento en la producción de metabolitos secundarios, lo que sería que este tipo de estrés produjo una respuesta positiva, que en muchos casos los agricultores no logran visualizar, pero con la correcta asesoría técnica se puede inclusive desarrollar un consumo eficiente de agua.

Social: El impacto social positivo también se pudo observar en el desarrollo de este proyecto ya que con su implementación en el área de estudio podría mejorar las relaciones agrónomo-agricultor, con una asesoría correcta y la producción de este cultivo que en la actualidad es una actividad que poco se implementa por falta de conocimientos de las plantas medicinales.

Ambiental: La implementación de este proyecto mejoraría el uso eficiente del agua, por lo que este proceso indiscriminado de mal manejo de este recurso no renovable, afecta directamente en la contaminación ambiental, por lo que se debería hacer este tipo de experimentos para reducir el consumo de agua en los cultivos.

Económicos: El impacto económico fue positivo en todos los tratamientos, debido a que con esto existe una rentabilidad del 50% aproximadamente, lo que con la implementación de este proyecto generaría ingresos extras a los agricultores del sector.

13. PRESUPUESTO

El presupuesto propuesto para la investigación se presenta a continuación:

Tabla 13. Presupuesto para la investigación

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Análisis de suelo	1	30,00	30,00
Plántulas de mentas	320	0,50	160,00
Fundas de papel kraft	5	0,03	0,16
Caña	2	1,00	2,00
Tablas	5	2,00	10,00
Plástico	2	10,00	20,00
Clavos	1	0,05	0,05
Piola	1	1,50	1,50
Hojas Papel	4	0,25	1,00
Cuaderno de campo	1	1,00	1,00
Cinta métrica	1	0,60	0,60
Botellas Plásticas y agua	4	0,10	0,40
Pasajes	2	5,00	10,00
Metro	1	2,00	2,00
Análisis de flavonoides	4	55,00	220,00
Gastos indirectos	1	26,68	26,68
Subtotal		135,71	485,39
Imprevistos (5%)		6,79	6,79
Total		142,50	492,17

Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- El crecimiento vegetativo en el cultivo de menta en condiciones de estrés hídrico producido por intervalos de riego controlado influyó directamente los indicadores morfológicos disminuyendo la altura, producción de masa fresca y seca de raíz, ramas y hojas; así como la tasa de crecimiento y la producción de biomasa por unidad de superficie.
- La concentración foliar de flavonoides tuvo un efecto directo por el déficit hídrico ya que es la primera defensa de la planta a la respuesta al estrés en los tratamientos en estudio con incrementos en su concentración según avanzaron los días sin riego.
- En el análisis costo beneficio en todos los tratamientos presentaron una rentabilidad de 46%, indicador que mostró que, por cada dólar invertido, se generarán 0.46ctvs de ganancias, lo que es económicamente positivo para el agricultor.
- Se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alternativa que fue que existe un efecto sobre la producción de flavonoides y en el crecimiento de menta (*Mentha x piperita*) como respuesta al estrés hídrico.

14.2. Recomendaciones

- Realizar estudios de uso eficiencia del agua en el cultivo de menta a nivel de campo, para comparar los resultados de incremento de metabolitos secundarios.
- Desarrollar perfiles fitoquímicos para demás metabolitos producidos por la menta, debido a que existen más compuestos de interés que pueden incrementarse al manejar los distintos tratamientos de riego.
- Replicar este tipo de experimentos otros tipos de cultivos para determinar la respuesta a la variación de la concentración de metabolitos.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Hady, H., El-Wakil, E.A. & Abdel-Gawad, H. (2018). GC-MS Analysis, Antioxidant and Cytotoxic Activities of *Mentha spicata*. *European Journal of Medicinal Plants*, 26(1): 1-12. DOI: 10.9734/EJMP/2018/45751
- AGEXPORT. (2020). *Manzanilla, Anthemis nobilis*. Unión Europea. Obtenido de <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-manzanilla.pdf>
- Aguilar-Carpio, C., González-Maza, S. V., Juárez-López, P., Alia-Tejacal, I., Palemón-Alberto, F., Arenas-Julio, Y. R., & Escalante-Estrada, A. S. (2021). Análisis de crecimiento de epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) cultivado en invernadero. *Biotecnia*, 23(2), 113-119.
- Arizo, O., Curioni, A. and Motta, G. (2008). Evolución de las importaciones y exportaciones argentinas de mentol y aceites esenciales de menta. Análisis de la balanza comercial de la década 1996- 2005. *Horticultura Argentina* 27(63).
- Asohofrucol. (2015). Plan frutícola 2020. En el 2020, Santander sería potencial frutícola, pp. 10
- Ayed, S., Rezgui, M., Othmani, A., Rezgui, M., Trad, H., Silva, J. A., & Kharrat, M. (2017). Response of Tunisian durum (*Triticum turgidum* ssp. durum) and bread (*Triticum aestivum* L.) wheats to water stress. *Agrociencia*, 51(1), 13-26.
- Azad, N., Rezayian, M., Hassanpour, H. (2021). Physiological Mechanism of Salicylic Acid in *Mentha pulegium* L. under salinity and drought stress. *Braz. J. Bot* 44, 359–369. <https://doi.org/10.1007/s40415-021-00706-y>
- Barberan, F. A., Gil, M. I., Cremin, P., Waterhouse, A. L., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. (2001). Hplc-dad-esims analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *J Agric Food Chem*, 49, 4748–4760.
- Butler, L.G. y Bos, K.D. (1993). Analysis and characterization of tannins in faba beans, cereals and other seeds. A literature review. En: *Recentes advances of research in antinutritional*

- factors in legume seeds. Proceedings of the Second International Workshop on 'Antinutritional Factors (ANFs) in Legume Seeds', Wageningen, the Netherlands, 1-3 December 1993. Poel, A.F.B. van der, J. Huisman y H.S. Saini (Eds). EAAP Publication no. 70. Wageningen Pers. Netherlands. pp 81-90.
- Cárdenas, D. F., Mesa, A. C. T., & Ramírez, E. G. (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.
- Cartaya, O. y Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*. 22: 5-14.
- Casapia. (2015). Plantas medicinales. Recuperado el 01 de 05 de 2022, de <http://www.casapia.com/Paginacast/Paginas/Paginasdemenus/MenudeInformaciones/PlantasMedicinales/MentaPiperita.htm>
- Castellanos, K. J., Carrillo, T., González, D., & Perdomo, D. (2019). Formas tradicionales de uso de plantas medicinales en la comunidad de Moco y Abajo, Estado Trujillo, Venezuela. *18(42): 1-13.*
- Chen, X., Zhang, F., & Yao, L. (2012). Chloroplast DNA molecular characterization and leaf volatiles analysis of mint (*Mentha*; Lamiaceae) populations in China. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 270-274.
- Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90(5), 856-867.
- Chrysargyris, A., Papakyriakou, E., Petropoulos, S. A., & Tzortzakis, N. (2019). The combined and single effect of salinity and copper stress on growth and quality of *Mentha spicata* plants. *Journal of hazardous materials*, 368, 584-593
- CIFUENTES A., J. A., MORENO B. A.M. (2001). Evaluación agronómica de la manzanilla en la zona cafetera colombiana, *Cenicafé* 52(1):42-48.
- Curioni, A. and Arizio, O. (2006). Plantas Aromáticas y Medicinales – Labiadas – Editorial Hemisferio sur Bs. As.

- D'Mello, J.P.F. 1995. Anti-nutricional substances in legumes seeds. En: Tropical Legumes in Animal Nutrition. D'Mello, J.P.F. y Devendra, C. (Eds.). CAB International. U.K. p 135-165.
- Derwich, E., Benziane, Z. and Boukir, A. 2010. Antibacterial activity and chemical composition of the leaf essential oil of mentha rotundifolia from morocco. Electronic journal of environment, agriculture and food chemistry. 9:19-28.
- Dias, M. I., Sousa, M. J., Alves, R. C., & Ferreira, I. C. (2016). Exploring plant tissue culture to improve the production of phenolic compounds: A review. *Industrial crops and products*, 82, 9-22
- Direito R., Rocha J., Lima A., Gonçalves M.M., Duarte M.P., Mateus V., Sousa C., Fernandes A., Pinto R., Ferreira R.B. (2019). Reduction of Inflammation and Colon Injury by a Spearmint Phenolic Extract in Experimental Bowel Disease in Mice. *Medicine*. 2019;6:65. doi: 10.3390/medicines6020065
- Eberhardt MV, Lee CY, Liu RH (2000) Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* 405:903–904
- Elansary, H.O. (2015) Basil morphological and physiological performance under trinexapac-ethyl foliar sprays and prolonged irrigation intervals. *Acta Physiol Planta* 37:92.
- Elansary, H.O. (2017). Green roof *Petunia*, *Ageratum*, and *Mentha* responses to water stress, seaweeds, and trinexapac-ethyl treatments. *Acta Physiol Plant* 39, 145 .
<https://doi.org/10.1007/s11738-017-2444-3>
- Elansary, H.O., Yessoufou, K., Ali ,H.M., El-Esawi, M.A., Elshikh, M.S., Abdel-Hamid, A.M.E. (2017) Seaweed extracts enhance Salam turfgrass performance during prolonged irrigation intervals and saline shock. *Front Plant Sci* 8:830. doi:10.3389/fpls.2017.00830
- Esmaeil-Zade, N.S., Sadeghi, A. & Moradi, P. (2019). *Streptomyces* strains alleviate water stress and increase peppermint (*Mentha piperita*) yield and essential oils. *Plant Soil* 434, 441–452. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3862-8>

- Espinosa-Moya, A., Álvarez-González, A., Albertos-Alpuche, P., Guzmán-Mendoza, R., & Martínez-Yáñez, R. (2018). Growth and development of herbaceous plants in aquaponic systems. *Acta universitaria*, 28(2), 1-8.
- Etesami, H., Maheshwari, D.K. (2018) Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicol Environ Saf* 156:225–246.
- Fazil, N.F., Pa'ee, F. and Manan, N.A. (2021). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 736 012016 DOI 10.1088/1755-1315/736/1/012016
- Ferrández T., Rubio S., Torrecillas A., Alarcón J.J., Sánchez Blanco M.J. 2003. Crecimiento, floración y relaciones hídricas de plantas de romero bajo distintas condiciones de riego. I Jornadas Ibéricas de Plantas Ornamentales, Sevilla. 51-60.
- Figuroa-Pérez MG, Rocha-Guzmán NE, Pérez-Ramírez IF, Mercado-Silva E, Reynoso-Camacho R (2014) Metabolite profile, antioxidant capacity, and inhibition of digestive enzymes in infusions of peppermint (*Mentha piperita*) grown under drought stress. *J Agric Food Chem* 62:12027–12033
- 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.
- Gallardo, I., 1993. Cultivo de menta. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/30688/NR15053.pdf?sequence=1>
- García, D.E. y Medina, M.G. 2006. Metodologías para la evaluación de especies arbóreas y arbustivas en sistemas silvopastoriles. Curso Nacional sobre Metodologías para el Manejo y Evaluación de Sistemas Agroforestales. INIA. Trujillo, Venezuela. (CD ROM).
- García, E. (2018). Mitigación del déficit hídrico en *Mentha spicata* L. con fertilizantes orgánicos, expresado en variables fisiológicas y de producción. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, Baja California Sur, México. 111 pp.

- García, J.; De La Rosa, L.; Herrera, B.; González, A.; López, J.; González, G.; Ruiz, S.; Alvarez, E. 2011. Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México. *Tecnociencia Chihuahua* 2 (2): 67-75.
- García-Caparrós P, Romero MJ, Llanderal A, Cermeño P, Lao MT, Segura ML (2019). Effects of drought stress on biomass, essential oil content, nutritional parameters, and costs of production in six Lamiaceae species. *Water*, 11(3):573. <https://doi.org/10.3390/w11030573>
- Gonzales, M. 2013. Efecto del estrés hídrico en hierbabuena (*Mentha piperita*) sobre polifenoles y capacidad antioxidante de infusiones. Tesis (Ingeniero químico en alimentos). Querétaro, MX, Universidad Autónoma de Querétaro. 79p. Consultado 8 oct. 2015. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/320>
- González, D. L. N., Pérez, Y. V. T., & Núñez, W. E. R. (2016). Determinación del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de los extractos polares de comfrey (*Symphytum officinale* L). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(2), 125-132.
- Gracia, M. 2007. Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales (en línea). Querétaro, MX, Universidad Autónoma de Querétaro. Consultado 1 oct. 2015. Disponible en: http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1U AQGarciaNava.pdf.
- Hernández-Contreras, Á., & Hernández, M. D. (2020). Application of aromatic plants and their extracts in aquaculture. In *Feed additives* (pp. 239-259). Academic Press.
- Herrera, R.S., Verdecia, D.M. & Ramírez, J.L. 2020. Chemical composition, secondary and primary metabolites of *Tithonia diversifolia* related to climate. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 54(3): 425-433. <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/976>

- Huertos Ecuador. (2023). Disponible en: <https://huertosecuador.com/menta/16798>
- INAMHI (2022). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Ecuador. <https://www.inamhi.gob.ec/>
- INFOJARDIN. (2015). Hierbabuena. Recuperado el 08 de 05 de 2022, de <http://www.infojardin.net/fichas/plantas-medicinales/mentha-sativa.htm>
- INIA. (2008). CULTIVO DE PLANTAS MEDICINALES COMO ALTERNATIVA PARA EL SEFCANO DE LA SEXTA REGION. Recuperado el 26 de 03 de 2022, de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR26240.pdf>
- Iqbal, E., Salim, K. A., & Lim, L. B. (2015). Phytochemical screening, total phenolics and antioxidant activities of bark and leaf extracts of *Goniothalamus velutinus* (Airy Shaw) from Brunei Darussalam. *Journal of King Saud University-Science*, 27(3), 224-232.
- Isah, T. 2019. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*. 52(39): 1-25. <https://doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3>
- Islam, A. T. M. R., Islam, M. M., & Alam, M. F. (2017). Rapid in vitro clonal propagation of herbal spice, *Mentha piperita* L. using shoot tip and nodal explants. *Research in Plant Sciences*, 5(1), 43-50.
- Jaemsaeng, R., Jantasuriyarat, C., Thamchaipenet, A. 2018. Molecular interaction of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase (ACCd)-producing endophytic *Streptomyces* sp. GMKU 336 towards salt-stress resistance of *Oryza sativa* L. cv. KDML105. *Sci. Rep.* 8, 1950.
- Jiménez, F.E. 2011. Morfología y potencial forrajero de leguminosas no convencionales, nativas de México, para la producción en pastoreo extensivo en el trópico. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 141 pp.
- JIMÉNEZ, P.; GIRBÉS, T. 2012. Determinación del contenido total de polifenoles en alimentos con el reactivo de Folin-Ciocalteu. *Prácticas de fundamentos de alimentación y nutrición* (En línea). Valladolid, ES, Universidad de Valladolid. 11p. Consultado 10 oct.

2022. Disponible en:
https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2012/470/45808/1/Documento17.pdf

- Khan, A., & Ishaq, F. (2011). Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop *Pisum sativum*. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 1(1), 116-130.
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2011). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and bioproducts processing*, 89(3), 217-233.
- Kumar, R. y D'Mello, J.P.F. 1995. Antinutritional factors in forage legumes. En: Tropical legumes in animal nutrition. D'Mello, J.P.F. y Devendra, C. (Eds.). Wallingford. CAB International, p.95-133.
- Kumar, S., Wahab, N. and Warikoo, R. 2011. Bioefficacy of mentha piperita essential oil against dengue fever mosquito aedes aegypti. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v:185-8.
- Li, Y., Konga, D., Fub, Y., Sussmand, M.R. & Wua, H. 2020. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 148 (2020): 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
- Makkar, H.P.S., Sánchez, M. y Speedy, M. 2007. Feed supplementation blocks. Rome. FAO. 248 pp.
- Malheiros, D. F., Maciel, P. O., Videira, M. N., & Tavares-Dias, M. (2016). Toxicity of the essential oil of *Mentha piperita* in *Arapaima gigas* (pirarucu) and antiparasitic effects on *Dawestrema* spp.(Monogenea). *Aquaculture*, 455, 81-86.
- Martín, D.A. 2017. Los compuestos fenólicos: un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 9(1):81-104. : <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>

- Martínez, R., Zorrilla, J.M., Palma, J.M. y González, A. 2002. Evaluación del rendimiento, composición química y digestibilidad *in situ* de gandúl (*Cajanus cajan*) en diferentes edades de crecimiento. *Pastos y Forrajes*. 25: 115-121.
- Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, B., Cornejo-Tenorio, G., Fragoso-Martínez, I., García-Peña, M. D. R., González-Gallegos, J. G. & Zamudio, S. (2017). Lamiaceae de México. *Botanical Sciences*, 95(4), 780-806.
- Meena, K.K., Sorty, A.M., Bitla, U.M., Choudhary, K., Gupta, P., Pareek, A., Singh, D.P., Prabha, R., Sahu, P.K., Gupta, V.K. (2017) Abiotic stress responses and microbe mediated mitigation in plants: the omics strategies. *Front Plant Sci* 8:172
- Mendoza, A., Vega, G., Soto, R., & Escandon, M. C. (2004). INSTRUCTIVO TECNICO PARA EL CULTIVO DE *Mentha arvensis* L. Recuperado el 15 de 03 de 2022, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5179/Recomendaciones%20t%E9cnicas%20%20para%20el%20cultivo%20de%20Mentha%20arvensis%20L.pdf>
- Moreno-Bermúdez, L. J., Reyes, M., Rodríguez, M., Kosky, R. G., Roque, B., & Chong-Pérez, B. (2017). Respuesta de cultivares de *Musa* spp. al estrés hídrico *in vitro* inducido con polietilenglicol 6000. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 75-85.
- Moshrefi Araghi, A., Nemati, S. H., Shoor, M., Azizi Arani, M., & Moshtaghi, N. (2019). Influence of water stress on agro-morphological traits and essential oil content among Iranian genotypes of *Mentha longifolia*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 89, 1219-1230.
- Najafian, S., Moradi, M., & Sepehrimanesh, M. (2016). Polyphenolic contents and antioxidant activities of two medicinal plant species, *Mentha piperita* and *Stevia rebaudiana*, cultivated in Iran. *Comparative Clinical Pathology*, 25, 743-747.
- Nieto, M. I., García Trejo, J. F., Caltzontzin Rabell, V., Chávez Jaime, R., & Estrada Sánchez, M. D. L. L. (2018). Efecto de las condiciones de cultivo en la producción de fenoles, flavonoides totales y su capacidad antioxidante en el árnica (*Heterotheca inuloides*). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(SPE21), 4296-4305.

- Ojeda, F. 1996. Factores antinutricionales presentes en los árboles forrajeros. Diplomado en Silvopastoreo. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 18.
- Ordinola Ramírez, C. M., Barrena Gurbillón, M. Á., Rascón, J., Corroto, F., Barrena Ordinola, C. M., Cucho Hidalgo, M. N. A., & Mejía Coico, F. R. (2019). Uso de plantas medicinales para el síndrome febril por los pobladores del Asentamiento Humano Pedro Castro Alva del distrito de Chachapoyas (Chachapoyas-Perú). *Arnaldoa*, 26(3), 1033-1046.
- Orozco, S. F., R. S. Hoyos, y Z. M. E. Arias. 2002. Cultivo de células vegetales en biorreactores: un sistema potencial para la producción de metabolitos secundarios. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin* 55(1):1473-1495.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2, 270-278.
- Pérez, E., Sosa, M., Díaz, L. y Corzo, M. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes* 31:161-172.
- Quinatoa C, Gabriela G. (2015). El uso de hierbas medicinales en el embarazo y su relación con las creencias acerca de los efectos en el parto, en mujeres gestantes que acuden al centro de salud materno infantil n°. 2 de Ambato. [Tesis]. Ambato-Ecuador: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la Universidad técnica de Ambato; 2015. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9480/1/tesis%20lista%20pdf.pdf>
- Quispe Valencia, D. (2019). Uso terapéutico de menta piperita (menta) en pobladores del asentamiento humano Las Lomas de la Pradera. Pimentel. Chiclayo, setiembre 2014–setiembre 2015.
- Rahimi, Y., Taleei, A. & Ranjbar, M. (2017) Changes in the expression of key genes involved in the biosynthesis of menthol and menthofuran in *Mentha piperita* L. under drought stress. *Acta Physiol Plant* 39, 203. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2502-x>

- Rahimi, Y., Taleei, A. & Ranjbar, M. (2018). Long-term water deficit modulates antioxidant capacity of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Scientia Horticulturae*, 237: 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.004>
- Ramírez, J. G. (2017). Los ácidos húmicos de vermicompost protegen a plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) contra un estrés hídrico posterior/the humic acids from vermicompost protect rice (*Oryza sativa* L.) plants against a posterior hidric stress. *Cultivos tropicales*. 38(2):53.
- Ramos, G., Frutos, P., Fernández, M., Lavin, P. y Mantecón, A.R. 1998. Valor nutritivo de especies arbustivas de puertos de montaña: Efecto del contenido en taninos condensados. *ITEA*. 20: 529-531.
- Rosendo, D. A. (2020). Optimización del cultivo de *Mentha piperita* con el fin de su uso en estudios de elicitación para aumentar las concentraciones de metabolitos de interés farmacológico. Universidad de la Laguna, 21 pp.
- Ryan, G.D., Rasmussen, S., Xue, H., Pearson, J. y Newman, A. 2014. Metabolites analysis of the effects of elevated CO₂ and nitrogen fertilization on the association between tall fescue (*Schedonorus arundinaceus*) and its fungal symbiotic *Neotyphodium coenophialum*. *Plant Cell Envir.* 37: 204-212.
- Saikia, J., Sarma, R.K., Dhandia, R., Yadav, A., Bharali, R., Gupta, V.K., Saikia, R. 2018. Alleviation of drought stress in pulse crops with ACC deaminase producing rhizobacteria isolated from acidic soil of Northeast India. *Sci. Rep.* 8, 3560.
- Saint-Pierre, C., J. L. Crossa. D. Bonnett, K. Yamaguchi- Shinozaki, and P. M. Reynolds. (2012). Phenotyping transgenic wheat for drought resistance. *J. Exp. Bot.* 63: 1799-1808.
- Solís-Silva, A., Reyes-Munguía, A., Madariaga-Navarrete, G., Medina-Pérez, R. G., Campos-Montiel, A. J., & Cenobio-Galindo, J. (2018). Evaluación de la actividad antifúngica y antioxidante de una nanoemulsión W/O de *Opuntia oligacantha* y aceite esencial de *Citrus X sinensis*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 3, 182-187.

- Steinberg, D.; Parthasarathy, S.; Carew, T.; Khoo, J.; Witztum, J. 1989. Beyond cholesterol. Modifications of low-density lipoprotein that increase its atherogenicity. *New England Journal of Medicine* 320 (14): 915-924.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology*. Third Edition. Sinauer Associates Inc. Sutherland, USA. 690p.
- Taiz, L., E. Zeiger, I. M. Moller and A. Murphy. (2014). *Plant Physiology & Development*. Sixth Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA. 756 p.
- Talbi, S., Romero-Puertas, M. C., Hernandez, A., Terrón, L., Ferchichi, A., & Sandalio, L. M. (2015). Drought tolerance in a Saharian plant *Oudneya africana*: role of antioxidant defences. *Environmental and Experimental Botany*, 111, 114-126.
- Urbina, I, Sardans, J., Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., Backhaus, S., Grant, K., Kreyling, J. y Peñuelas J. 2015. Shifts in the elemental composition of plants during a very severe drought. *Environmental and Experimental Botany*. 111: 63-73.
- Verdecia, D.M., Herrera-Herrera, R.C., Torres, E., Sánchez, A.R., Hernández-Montiel, L.G., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Bodas, R., Giráldez, F.J., Guillaume, J., Uvidia, H. & López, S. 2021. Primary and secondary metabolites of six species of trees, shrubs and herbaceous legumes. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 55(1): 77-93. <https://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/997>
- Villalobos-González, A., López-Castañeda, C., Miranda-Colín, S., Aguilar-Rincón, V.H., López-Hernández M.B. (2018). Efecto del estrés hídrico y nitrógeno en las raíces de variedades híbridas y criollas de maíz (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 11(1).
- Vítores, J. T. 2001. Fenoles. Centro Canario del agua. España. 59 p.
- Wani, S., & Basir, S. F. (2018). Analysis of Antioxidant Acitivity, Total Phenolic and Total Flavonoid Contents of *Allium Sativum*, *Mentha Arvensis* and *Murraya Koenigii*. *Int. J. Adv. Res. Sci and Eng*, 7(4), 2632-2646.

ANEXOS

Anexo 1. Contrato de cesión no exclusiva de derecho de autor

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebra de una parte: Carrillo Garcia Heydy Kym con C.I. 1250174297 y Quilumba Masapanta Diego Mauricio con C.I 0504519919, de estado civil soltera/o y con domicilio en La Maná-Cotopaxi, a quien en lo sucesivo se denominará LOS CEDENTES; y, de otra parte, el Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez Ph. D., en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará LA CESIONARIA en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LAS CEDENTES son personas naturales estudiantes de la carrera de Agronomía, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “Efecto del estrés hídrico en crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. Octubre 2017 – febrero 2023.

Aprobación HCA. -

Tutor. - Ing. Tatiana Carolina Gavilánez Buñay, MSc.

Tema: “Efecto del estrés hídrico en crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, LOS CEDENTES autoriza a LA CESIONARIA a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato LOS CEDENTES, transfiere definitivamente a LA CESIONARIA y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido LOS CEDENTES declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - **CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de LA CESIONARIA el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo LOS CEDENTES podrá utilizarla.

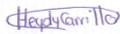
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de LAS CEDENTES en forma escrita.

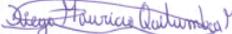
CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 24 días del mes de febrero del 2023.


Carrillo Garcia Heydy Kym
EL CEDENTE


Quilumba Masapanta Diego Mauricio
EL CEDENTE

Ing. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez PhD.

EL CESIONARIO

Anexo 2. Currículum del docente

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: GAVILÁNEZ BUÑAY **NOMBRES:**

TATIANA CAROLINA **ESTADO CIVIL:**

SOLTERO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 1600398190

NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: NINGUNA

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: AMBATO 02 DE JULIO DE 1988 **DIRECCIÓN**

DOMICILIARIA: LA MANÁ, CALLE 19 DE MAYO Y CARLOS LOZADA **TELÉFONO:** 0982260819

EMAIL INSTITUCIONAL: tatiana.gaviláñez@utc.edu.ec

TIPO DE DISCAPACIDAD: Ninguna

DE CARNET CONADIS:



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O SENESCYT
TERCER	INGENIERO BIOQUÍMICA	2013-04-22	1010-13-1209163
CUARTO	MAGISTER EN PLANTAS MEDICINALES	2017-04-18	032199664

HISTORIAL PROFESIONAL

UNIDAD ADMINISTRATIVA O ACADÉMICA EN LA QUE LABORA:

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Investigación Ciencias

agrarias

FECHA DE INGRESO A LA UTC: ABRIL 2017

Anexo 3. Currículum del estudiante**DATOS INFORMATIVOS PERSONAL ESTUDIANTE****DATOS INFORMATIVOS PERSONALES DEL ESTUDIANTE****DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** CARRILLO GARCIA**NOMBRES:** HEYDY KYM**ESTADO CIVIL:** SOLTERO**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 1250174297**NUMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 0**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** LOS RIOS-MOCACHE - MOCACHE**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** RECINTO EL DESEO, CANTON PANGUA**TELÉFONO CELULAR:** 0968195694**EMAIL INSTITUCIONAL:** heydy.carrillo4297@utc.edu.ec**TIPO DE DISCAPACIDAD:** NINGUNO**NUMERO DE CARNET CONADIS:** NINGUNO**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO
BACHILLERATO	TITULO DE BACHILLER TECNICO EN CIENCIAS	25/02/2019



DATOS INFORMATIVOS PERSONAL ESTUDIANTE**DATOS INFORMATIVOS PERSONALES DEL ESTUDIANTE****DATOS PERSONALES**

APELLIDOS: QUILUMBA
MASAPANTA

NOMBRES: DIEGO MAURICIO

ESTADO CIVIL: SOLTERO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 0504519919

NUMERO DE CARGAS FAMILIARES: 0

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: COTOPAXI- LA MANÁ- LA MANÁ

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: RECINTO MANGUILITA CHICO, EL CARMEN,
CANTON LA MANÁ

TELÉFONO CELULAR: 0983068147

EMAIL INSTITUCIONAL: diego.quilumba9919@utc.edu.ec

TIPO DE DISCAPACIDAD: NINGUNO

NUMERO DE CARNET CONADIS: NINGUNO

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO
BACHILLERATO	TITULO DE BACHILLER TECNICO – AGROPECUARIO PRODUCCION AGROPECUARIA	25/02/2019
TIPO “C”	TITULO DE CONDUCTOR PROFESIONAL	30/07/2022



Anexo 4. Certificado de Urkund

Document Information

Analyzed document	MENTA CARRILLO- QUILUMBA URKUND.pdf (D158540848)
Submitted	2/13/2023 5:00:00 PM
Submitted by	
Submitter email	kleber.espinosa@utc.ed u.ec
Similarity	6%
Analysis address	kleber.espinosa.utc@ana lysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Samantha Gines.docx Document Samantha Gines.docx (D79209029)	 2
SA	Enriquez-2015-anteproyecto mayo 2015 -.pdf Document Enriquez-2015-anteproyecto mayo 2015 -.pdf (D14367307)	 15
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / hierbabuena-informe.docx Document hierbabuena-informe.docx (D15038560) Submitted by: angelito_aamc@hotmail.com Receiver: francisco.chancusig.utc@analysis.orkund.com	 1

Anexo 5. Aval de traducción del idioma ingles**AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por los estudiantes Egresados de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Carrillo Garcia Heydy Kym con C.I. 1250174297 y Quilumba Masapanta Diego Mauricio con C.I 0504519919, cuyo título versa “**Efecto del estrés hídrico en crecimiento vegetativo y concentración foliar de flavonoides en menta (*Mentha x piperita*) en condiciones de cultivo protegido**” lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo las peticiones hacer uso del presente certificado de la manera ética que considere conveniente.

La Maná, febrero del 2023

Atentamente



Mg. Wendy Nuñez

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS UTC

C.I: 0925025041

Anexo 6. Fotografías de la investigación

Fotografía 1. Llenado de tierra en fundas



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 2. Armado de cubierta



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 3. Colocación de tablas



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 4. Prueba de Agua



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 5. Trasplante de plántulas



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 6. Colocación de agua a los tratamientos



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 7. Toma de datos en el invernadero



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Fotografía 8. Toma de datos en laboratorio



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2023).

Anexo 7. Análisis de suelo

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.cetp@iniap.gob.ec
---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : CARRILLO GARCIA HEYDY KYM Dirección : COTOPAXI / LA MANÁ Ciudad : LA MANÁ Teléfono : 0969431824 Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : S/N Provincia : Cotopaxi Cantón : Pujili Parroquia : Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Cacao N° Reporte : 10191 Fecha de Muestreo : 18/10/2022 Fecha de Ingreso : 31/10/2022 Fecha de Salida : 10/11/2022
--	---	--

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
108239	Quilumba Diego		5,5 Ac RC	15 B	7 B	0,16 B	5 M	1,9 M	9 B	0,9 B	6,7 A	292 A	9,2 M	0,64 M

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.cetp@iniap.gob.ec
---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : CARRILLO GARCIA HEYDY KYM Dirección : COTOPAXI / LA MANÁ Ciudad : LA MANÁ Teléfono : 0969431824 Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : S/N Provincia : Cotopaxi Cantón : Pujili Parroquia : Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Cacao N° de Reporte : 10191 Fecha de Muestreo : 18/10/2022 Fecha de Ingreso : 31/10/2022 Fecha de Salida : 10/11/2022
--	---	---

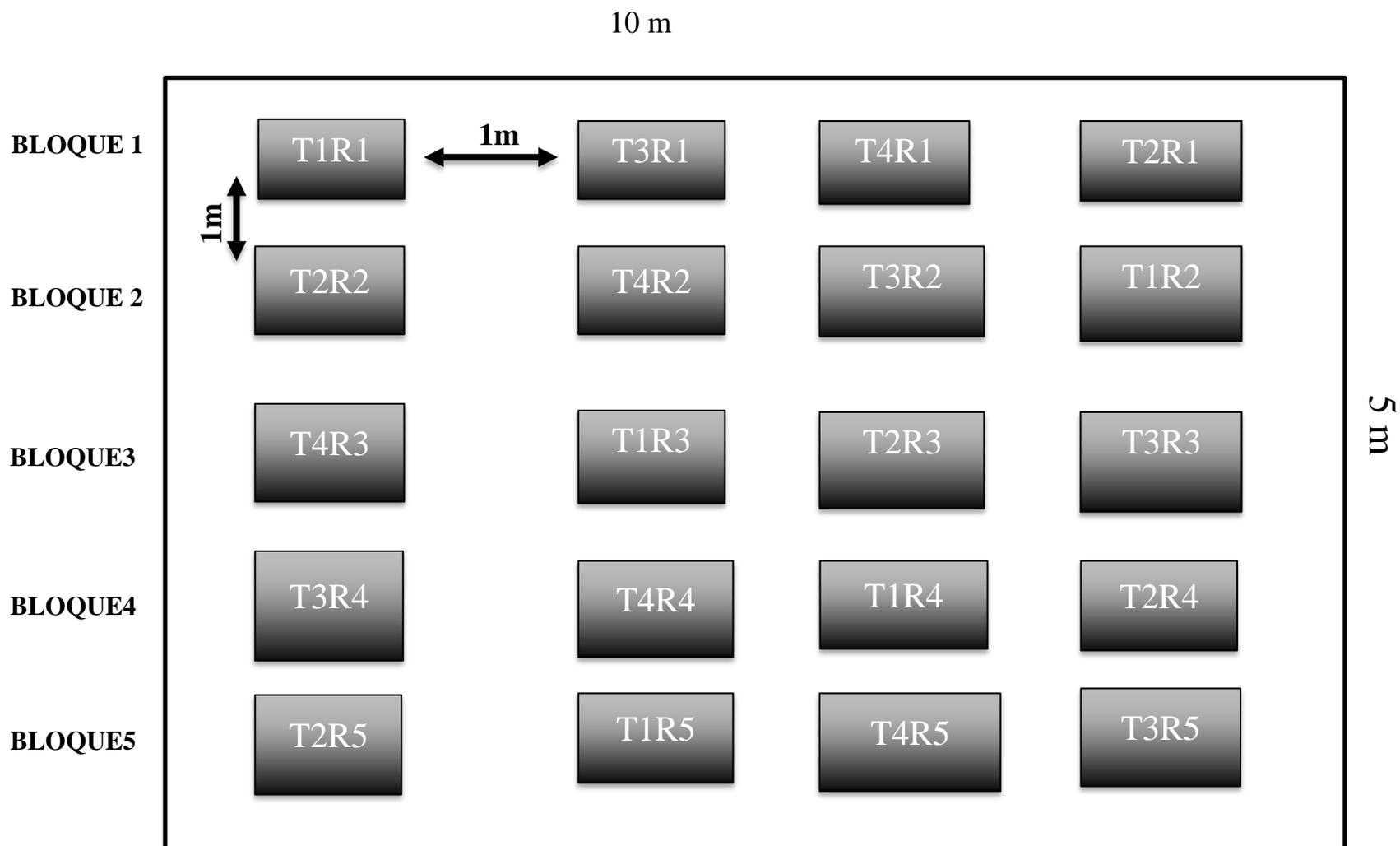
N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)/%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
108239					1,4 B	2,6	11,88	43,13	7,06			32	48	20	Franco



La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

Activar Windows

Anexo 8. Croquis



Elaborado por: Carrillo y Quilumba (2022)

Anexo 9. Resultados de laboratorio de composición de flavonoides


INFORME DE RESULTADOS
IDR 34425-2023

Fecha: 16 de enero de 2023

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	CARRILLO GARCIA HEYDY KYM					
Dirección	La Mana					
Teléfono	0968195694					
Contacto	Heydy Carrillo					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Hojas de menta	Cantidad	Aprox. 50g			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Papel periódico	Fecha de recepción	11 de enero de 2023			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	24.4	Humedad (%)	52.6			
Fecha de Inicio de Análisis			12 de enero de 2023			
Fecha de Finalización del análisis			12 de enero de 2023			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Hojas de menta Muestra 2	UBA-34425-1	Flavonoides (Quercetina)	Olga Lock et. al. 2006 (Espectrofotometría)	0.33	%	-
Observaciones:						
<ol style="list-style-type: none"> Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados. 						


INFORME DE RESULTADOS
IDR 34427-2023

Fecha: 16 de enero de 2023

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	CARRILLO GARCIA HEYDY KYM					
Dirección	La Mana					
Teléfono	0968195694					
Contacto	Heydy Carrillo					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Hojas de menta	Cantidad	Aprox. 50g			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Papel periódico	Fecha de recepción	11 de enero de 2023			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	24.4	Humedad (%)	52.6			
Fecha de Inicio de Análisis			12 de enero de 2023			
Fecha de Finalización del análisis			12 de enero de 2023			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Hojas de menta Muestra 2	UBA-34427-1	Flavonoides (Quercetina)	Olga Lock et. al. 2006 (Espectrofotometría)	0.38	%	-
Observaciones:						
<ol style="list-style-type: none"> Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados. 						



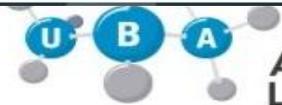
ANALYTICAL LABORATORIES

TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS IDR 34426-2023

Fecha: 16 de enero de 2023

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	CARRILLO GARCIA HEYDY KYM					
Dirección	La Mana					
Teléfono	0968195694					
Contacto	Heydy Carrillo					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Hojas de menta	Cantidad	Aprox. 50g			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Papel periódico	Fecha de recepción	11 de enero de 2023			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	24.4	Humedad (%)	55.6			
Fecha de Inicio de Análisis			12 de enero de 2023			
Fecha de Finalización del análisis			12 de enero de 2023			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Hojas de menta Muestra 2	UBA-34426-1	Flavonoides (Quercetina)	Olga Lock et. al. 2006 (Espectrofotometría)	0.42	%	-
Observaciones:						
<ol style="list-style-type: none"> Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados. 						



ANALYTICAL LABORATORIES

TESTING & CONSULTING

INFORME DE RESULTADOS IDR 34428-2023

Fecha: 16 de enero de 2023

DATOS DEL CLIENTE						
Nombre	CARRILLO GARCIA HEYDY KYM					
Dirección	La Mana					
Teléfono	0968195694					
Contacto	Heydy Carrillo					
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo de muestra	Hojas de menta	Cantidad	Aprox. 50g			
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A			
Presentación	Papel periódico	Fecha de recepción	11 de enero de 2023			
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A			
CONDICIONES DEL ANALISIS						
Temperatura (°C)	24.4	Humedad (%)	53.6			
Fecha de Inicio de Análisis			12 de enero de 2023			
Fecha de Finalización del análisis			12 de enero de 2023			
RESULTADOS						
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Hojas de menta Muestra 2	UBA-34428-1	Flavonoides (Quercetina)	Olga Lock et. al. 2006 (Espectrofotometría)	0.46	%	-
Observaciones:						
<ol style="list-style-type: none"> Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. Nomenclatura: N.D. = No Detectable; N.A. = No aplica La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados. 						