

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE RIÑÓN
(*Solanum lycopersicum* L.) BAJO APLICACIONES DE SACAROSA EXÓGENA EN
CHALTURA, ECUADOR”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Angelo Fernando España Chingal

DIRECTOR:

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE RIÑÓN
(*Solanum lycopersicum* L.) BAJO APLICACIONES DE SACAROSA EXÓGENA EN
CHALTURA, ECUADOR”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener Título de:
INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Miguel Gómez, MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Marcelo Albuja, MSc.

ASESOR



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401941331		
APELLIDOS Y NOMBRES:	España Chingal Angelo Fernando		
DIRECCIÓN:	Ibarra, calles Secundino Peñafiel y Carlos Emilio Grijalva		
EMAIL:	afespanac@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0988046110

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de la producción de plántulas de tomate riñón (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) bajo aplicaciones de sacarosa exógena en Chaltura, Ecuador
AUTOR:	España Chingal Angelo Fernando
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	17/03/2025
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR:	Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de marzo de 2025

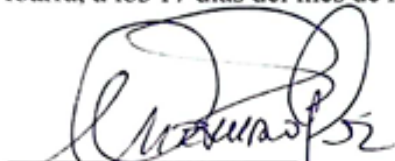
EL AUTOR:

.....
Angelo Fernando España Chingal

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Angelo Fernando España Chingal, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 17 días del mes de marzo de 2025



Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 17 días del mes de marzo del 2025

Angelo Fernando España Chingal: "Evaluación de la producción de plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo aplicaciones de sacarosa exógena en Chaltura, Ecuador" /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

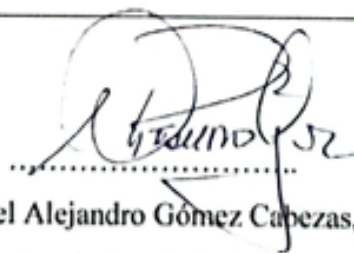
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 17 días del mes de marzo del 2025 73 páginas.

DIRECTOR: Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la producción de plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo aplicaciones de sacarosa exógena en Chaltura, Ecuador.

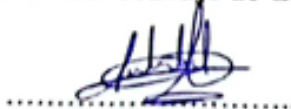
Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar el efecto de las aplicaciones de sacarosa exógena, sobre el crecimiento en plántulas de tomate riñón.
- Comparar las características morfológicas de plántulas de tomate riñón bajo distintas dosis de sacarosa exógena.



Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

Director del Trabajo de Grado



Angelo Fernando España Chingal

Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han sido parte fundamental en este camino.

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por su inagotable bondad y por guiarme siempre en cada paso de mi vida. Su amor y su gracia han sido la fuente de fuerza y esperanza que me han permitido superar obstáculos y alcanzar mis metas. Además, quiero agradecer a mi director de tesis: Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc, quien ha sido no solo mi guía académica, sino también un mentor excepcional durante este emocionante viaje de investigación.

También quiero agradecer a mis hermanos (Aracelly España, Jimmy España) por su inquebrantable apoyo y amor incondicional. Agradezco especialmente a mis padres Ángel España y Sonia Chingal quienes son pilares fundamentales en mi vida ya que con su apoyo incondicional han sido mi mayor fortaleza, por motivarme durante todos estos años de estudio.

Por último, pero no menos importante agradecer a mis amigos, por estar siempre ahí, apoyándome y animándome en cada paso del camino. Sus palabras de aliento y su presencia han hecho que los momentos difíciles sean más llevaderos y los momentos de celebración sean aún más especiales.

¡Gracias a todos de corazón!

Angelo España

DEDICATORIA

Cada logro en mi vida le agradezco a Dios, a mis padres Ángel España y Sonia Chingal, hermana Aracelly España y hermano Jimmy España porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, muchos de mis logros se los debo a ellos.

Por último, dedico este logro a mi compañera Yaritza Chicaiza quien supo motivarme en cada momento de este proceso brindándome su apoyo y comprensión en cada momento. Además, quiero dedicar estas palabras llenas de amor y gratitud a mis fieles compañeros peludos Balto y Kira quienes han llenado mi vida de alegría, afecto incondicional y momentos de pura felicidad.

Angelo España

ÍNDICE

ÍNDICE	8
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 Problema de investigación	18
1.3 Justificación.....	19
1.4 Objetivos	19
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	19
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	20
1.5 Hipótesis.....	20
1.5.1 <i>Hipótesis alternativa (Ha)</i>	20
1.5.2 <i>Hipótesis nula (Ho)</i>	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1 Importancia productiva del tomate riñón	21
2.2 Clasificación taxonómica	21
2.3 Clasificación morfológica de las plantas.....	22
2.4 Variedad Zodiac	22
2.5 Exigencias del microclima en el cultivo de tomate riñón	23
2.5.1 <i>Temperatura</i>	23
2.5.2 <i>Humedad relativa</i>	23
2.5.3 <i>Radiación</i>	23
2.5.4 <i>CO₂</i>	24
2.6 Viveros	24
2.7 Procesos de la fotosíntesis.....	24
2.7.1 <i>Relaciones fuente - sumidero</i>	25
2.8 La Sacarosa	25
2.9 Sacarosa en las plantas	26

2.9.1 Síntesis de la sacarosa	26
2.9.2 Transporte y almacén de la sacarosa	27
2.10 Marco legal.....	28
CAPÍTULO III	29
MARCO METODOLÓGICO	29
3.1 Descripción del área de estudio.....	29
3.1.1 Ubicación política y geográfica.....	29
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas.....	30
3.3 Métodos	30
3.3.1 Factores en estudio	31
3.3.2 Tratamientos.....	31
3.3.3 Diseño experimental.....	31
3.3.4 Características del experimento.....	32
3.3.5 Características de la unidad experimental	32
3.3.6 Análisis estadístico.....	33
3.4 Variables evaluadas.....	33
3.4.1 Grosor del tallo	33
3.4.2 Longitud de la raíz	33
3.4.3 Longitud del hipocótilo	34
3.4.4 Longitud total de la plántula.....	34
3.4.5 Área foliar	34
3.4.6 Contenido de clorofila.....	34
3.4.7 Materia seca (raíz, tallo, hojas).....	34
3.4.8 Materia seca total.....	35
3.5 Manejo del experimento.....	35
3.5.1 Adecuación del área de investigación.....	35
3.5.2 Obtención de semillas	35
3.5.3 Preparación y colocación del sustrato en las bandejas de germinación.....	35
3.5.4 Siembra de las semillas en las bandejas de germinación	35
3.5.5 Distribución de bandejas en el invernadero	35
3.5.6 Implementación de sistema de microaspersión (solución nutritiva).....	35
3.5.7 Concentraciones y aplicaciones de sacarosa.....	37
3.5.8 Evaluación de variables.....	37

CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1 Grosor de tallo.....	38
4.2 Longitud de raíz	39
4.3 Longitud del hipocótilo	40
4.4 Longitud total	41
4.5 Área foliar	43
4.6 Clorofila	44
4.7 Materia seca de hojas	46
4.8 Materia seca de tallo.....	48
4.9 Materia seca de raíz.....	51
4.10 Materia seca total.....	53
CAPÍTULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1 Conclusiones	57
5.2 Recomendaciones.....	57
REFERENCIAS	58
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Transporte de azúcar de las células fuente a las células sumidero.</i>	25
Figura 2	<i>Químicamente la sacarosa es un disacárido formado por glucosa y fructosa a partes iguales.</i>	26
Figura 3	<i>Fases de la fotosíntesis que se encarga de transformar la energía de la luz del sol en energía química.</i>	27
Figura 4	<i>Ubicación geográfica del área de estudio del efecto de aplicaciones de sacarosa en plántulas de tomate riñón.</i>	29
Figura 5	<i>Diseño en bloques completos al azar con medidas en tiempo.</i>	32
Figura 6	<i>Unidad experimental del diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas en tiempo.</i>	33
Figura 7	<i>Grosor de tallo en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.....</i>	38
Figura 8	<i>Longitud total en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.....</i>	42
Figura 9	<i>Área foliar en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.....</i>	43
Figura 10	<i>Clorofila en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.....</i>	45
Figura 11	<i>Materia seca de hojas en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a cinco tiempos de evaluación.</i>	48
Figura 12	<i>Materia seca del tallo en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a cinco tiempos de evaluación.</i>	51

Figura 13	<i>Materia seca de raíz en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.</i>	52
Figura 14	<i>Materia seca total en plántulas de tomate (Solanum lycopersicum L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a cinco tiempos de evaluación.....</i>	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Clasificación taxonómica del tomate riñón.</i>	22
Tabla 2	<i>Situación geográfica y características de la Granja Experimental la Pradera... </i>	30
Tabla 3	<i>Materiales que se utilizaron en la investigación.....</i>	30
Tabla 4	<i>Descripción de tratamientos aplicados durante la experimentación.....</i>	31
Tabla 5	<i>Sales minerales utilizadas para la elaboración de la solución nutritiva.</i>	36
Tabla 6	<i>Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable grosor de tallo.</i>	38
Tabla 7	<i>Medias y error estándar para la variable longitud de raíz. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.</i>	39
Tabla 8	<i>Medias y error estándar para la variable longitud del hipocótilo. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.</i>	40
Tabla 9	<i>Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable longitud total.</i>	41
Tabla 10	<i>Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable área foliar.</i>	43
Tabla 11	<i>Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable clorofila.</i>	44
Tabla 12	<i>Análisis de varianza evaluados para la variable materia seca de hojas días después de la siembra.</i>	46
Tabla 13	<i>Análisis de varianza evaluados para la variable materia seca del tallo días después de la siembra.</i>	49
Tabla 14	<i>Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable materia seca de raíz.</i>	52

Tabla 15	<i>Análisis de varianza evaluados para la variable materia seca total días después de la siembra.</i>	53
----------	---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Adecuación del área de estudio.	62
Anexo 2.	Esterilización del sustrato (arena de río).	62
Anexo 3.	Colocación de mesas y bandejas de germinación.	62
Anexo 4.	Colocación de sustrato y siembra de semillas de tomate riñón.	62
Anexo 5.	Riego de bandejas de germinación y tapado con plástico.	63
Anexo 6.	Implementación del sistema de microaspersión.	63
Anexo 7.	Realización de la solución nutritiva y aplicación en las plántulas de tomate riñón.	63
Anexo 8.	Abertura y cerrado de cortinas del vivero.	64
Anexo 9.	Pesaje de las distintas dosificaciones de sacarosa.	64
Anexo 10.	Aplicación de sacarosa en las plántulas de tomate riñón en los diferentes tratamientos.	64
Anexo 11.	Etiquetado en bolsas de papel de los diferentes tratamientos.	65
Anexo 12.	Toma de datos de las diferentes variables a los 27, 31, 35, 39 y 43 días después de la siembra.	65
Anexo 13.	Tablas de medias y errores estándar de grosor de tallo.	66
Anexo 14.	Tablas de medias y errores estándar de longitud de raíz.	66
Anexo 15.	Tablas de medias y errores estándar de la longitud del hipocótilo.	66
Anexo 16.	Tablas de medias y errores estándar de longitud total.	67
Anexo 17.	Tablas de medias y errores estándar de área foliar.	67
Anexo 18.	Tablas de medias y errores estándar de clorofila.	67
Anexo 19.	Tablas de medias y errores estándar de materia seca de hojas.	68
Anexo 20.	Tablas de medias y errores estándar de materia seca de tallo.	69
Anexo 21.	Tablas de medias y errores estándar de materia seca de raíz.	70

Anexo 22.	Tablas de medias y errores estándar de materia seca total.	70
Anexo 23.	Tabla de temperatura y humedad relativa diaria durante la investigación.	71

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE RIÑÓN
(*Solanum lycopersicum* L.) BAJO APLICACIONES DE SACAROSA EXÓGENA EN
CHALTURA, ECUADOR”**

Angelo Fernando España Chingal

Universidad Técnica del Norte

Correo: afespanac@utn.edu.ec

RESUMEN

En el Ecuador, la superficie sembrada de tomate riñón fue de 1417 hectáreas, con una producción de 40000 toneladas métricas. La adición de sacarosa podría compensar los efectos adversos causadas por poca luminosidad y altas densidades de siembra, generalmente observadas en condiciones ambientales de viveros. La investigación se realizó en la Granja Experimental “La Pradera”, Chaltura. Teniendo como objetivo evaluar la producción de plántulas de tomate riñón bajo aplicaciones de sacarosa exógena con un diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas en tiempo, probando diferentes dosis de sacarosa distribuidas en tres bloques. Se propusieron cuatro tratamientos de sacarosa (0, 1, 10 y 100 mM) en aplicaciones foliares. Las siguientes variables fueron evaluadas a los 27, 31, 35, 39 y 43 días después de la siembra: materia seca de hojas, tallo, raíz y total (mg), contenido de clorofila ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$), área foliar (cm^2), grosor de tallo (mm), longitud de raíz, de hipocótilo y total de la plántula (cm). Los resultados obtenidos demostraron que los tratamientos con aplicaciones de sacarosa tuvieron mayor crecimiento en cuanto a ganancia de materia seca de hojas, tallo, raíz y total. De manera similar, la aplicación de sacarosa incrementó la concentración de clorofila y el área foliar de las plántulas en relación con el testigo. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la longitud de la raíz y el hipocótilo. Además, se observó un incremento en el grosor del tallo y la altura de la planta en los tratamientos de 1 y 100 mM. Los mejores resultados fueron obtenidos con el tratamiento 100 mM. En conclusión, la sacarosa puede compensar, en plántulas de tomate, los efectos de una baja luminosidad y alta competencia por luz en condiciones de vivero, a través de incrementos en la concentración de clorofila y área foliar.

Palabras claves: vivero, aplicaciones foliares, crecimiento, área foliar, clorofila.

**“EVALUATION OF TOMATO SEEDLING PRODUCTION (*Solanum lycopersicum* L.)
UNDER EXOGENOUS SUCROSE APPLICATIONS IN CHALTURA, ECUADOR”**

Angelo Fernando España Chingal

Universidad Técnica del Norte

Mail: afespanac@utn.edu.ec

ABSTRACT

In Ecuador, the area planted to tomato was 1417 hectares, with a production of 40000 metric tons. The addition of sucrose could compensate for the adverse effects caused by low light and high planting densities, generally observed in nursery conditions. The research was conducted at “La Pradera” Experimental Farm, Chaltura. The objective was to evaluate the production of tomato seedlings under applications of exogenous sucrose with a randomized complete block design with repeated measures in time, testing different doses of sucrose distributed in three blocks. Four sucrose treatments (0, 1, 1, 10 and 100 mM) were proposed in foliar applications. The following variables were evaluated at 27, 31, 35, 35, 39 and 43 days after planting: leaf, stem, root and total dry matter (mg), chlorophyll content ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$), leaf area (cm^2), stem thickness (mm), root, hypocotyl and total seedling length (cm). The results obtained showed that the treatments with sucrose applications had higher growth in terms of leaf, stem, root and total dry matter gain. Similarly, sucrose application increased chlorophyll concentration and leaf area of seedlings in relation to the control. However, no significant differences were observed in root and hypocotyl length. In addition, an increase in stem thickness and plant height was observed in the 1 and 100 mM treatments. The best results were obtained with the 100 mM treatment. In conclusion, sucrose can compensate, in tomato seedlings, the effects of low light and high competition for light under nursery conditions, through increases in chlorophyll concentration and leaf area.

Keywords: nursery, foliar applications, growth, leaf area, chlorophyll.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La producción de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) tiene una alta importancia a nivel mundial debido a su creciente demanda existente de esta hortaliza, misma que tiene un mejor desarrollo al cultivarse bajo invernadero en condiciones controladas. En los últimos diez años, la producción total en el mundo ha incrementado en más del 35%. Además, el mayor productor es China con 25 millones de toneladas al año, seguido por Estados Unidos con 12.2 millones de toneladas (Gómez, 2021).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023) en el Ecuador se registra una superficie sembrada de 1417 hectáreas de tomate riñón dando como resultado una producción total de 40.000 toneladas métricas. La mayor parte de la producción de esta hortaliza se encuentra en la provincia de Cotopaxi con un 32.3% de la producción nacional. La provincia que lidera la producción de tomate riñón en la sierra es Cotopaxi, seguida por Imbabura, Chimborazo, Tungurahua y Pichincha. Los principales cantones de la provincia de Imbabura dedicados a la producción de tomate riñón son Antonio Ante y Pimampiro, donde se pueden encontrar diversas variedades de este cultivo (Ruiz, 2007).

Los viveros desempeñan un papel crucial en la producción de plantas, ya que proporcionan el entorno ideal para seleccionar, producir y propagar en gran escala especies útiles para el ser humano. Además, la producción de plantas en viveros contribuye a prevenir y controlar los efectos de diversos depredadores y enfermedades durante la etapa más vulnerable de las plántulas. (Vásquez et al., 1997).

Con respecto a la relación denominada fuente/sumidero, es la encargada de transportar los productos de la fotosíntesis desde la parte vegetativa de la planta hacia la parte reproductiva. Es por tal manera que las plantas a través del proceso de fotosíntesis sustentan prácticamente toda la vida en la tierra al proporcionar el oxígeno que respiramos. Además, la sacarosa, siendo el producto más abundante de la fotosíntesis y la principal forma de transporte de azúcares en las plantas, juega un papel crucial en su crecimiento, desarrollo, transducción de señales y en su adaptación al estrés ambiental que afecta a las plantas (González, 2019).

En cuanto a investigaciones, se estudió la influencia de fuentes de carbono, fructosa, glucosa, sorbitol y sacarosa en la proliferación de brotes y el enraizamiento in vitro del alcornoque

(*Quercus suber* L.). Se probaron diversas concentraciones (de 1 mM a 6 mM en p/v). Los resultados indicaron que sacarosa en concentraciones de 3 mM y glucosa de 4 mM fueron las fuentes de carbono más efectivas durante las fases de proliferación y enraizamiento. Además, la sacarosa a una concentración 3 mM también favoreció la elongación de los brotes, lo que resultó en un mayor número de brotes durante las transferencias (Romano et al., 1995).

En un estudio sobre la aplicación foliar de sacarosa en cebollas (*Allium cepa* L.), se evaluaron tres tratamientos: T1= 0 mM, T4= 0.5 mM y T7= 1 mM. Los resultados mostraron que el tratamiento T7= 1 mM tuvo un efecto positivo en la calidad de los bulbos, especialmente en el diámetro ecuatorial. Sin embargo, no se observó una diferencia significativa en comparación con el tratamiento T4= 0.5 mM (Espinoza et al., 2016).

Por otro lado, se estudió la aplicación foliar de sacarosa y su efecto en el acondicionamiento de planta de vivero y la producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) 'CP 99-3A'. Se encontró que la concentración de 8 mM de sacarosa resultó en la mayor cantidad de materia seca en las raíces y también aumentó significativamente la materia seca de las hojas y las inflorescencias (Mendoza et al., 2005).

Finalmente, se realizó un estudio sobre la conservación in vitro de chayote (*Sechium edule*), en el que se evaluó el efecto de distintas concentraciones de sacarosa. Los resultados mostraron diferencias significativas, especialmente con las concentraciones de 30 y 40 g/L de sacarosa, las cuales resultaron en aumentos significativos en el peso fresco y la longitud de las plantas. Asimismo, se observó que la concentración de sacarosa afectó de manera similar a todas las muestras en cuanto al peso seco (Esquivel et al., 2007).

1.2 Problema de investigación

La intensidad de radiación y calidad de luz juega un papel importante en las plántulas, ya que llegan a la superficie de las hojas produciendo modificaciones en las características morfológicas y fisiológicas que a su vez determinan la calidad de las plantas. Es por tal motivo que las plantas llegan a un punto donde empiezan a competir por luz (Valdés, 2018).

En los viveros las plántulas se ven afectadas cuando existe una alta densidad de plantación en lugares reducidos provocando una ardua lucha por luz (Rivera et al., 2005). En el caso de la luz, es un recurso que no se encuentra en cantidades limitadas, sino que se encuentra en un flujo constante a diferencia de otros recursos que se encuentran involucrados y suelen ser limitados. Asimismo, la interceptación lumínica por parte de las plantas modifica la disponibilidad del recurso (Rodríguez, 2009).

En ciertos escenarios, una alta densidad de siembra puede debilitar a las plantas debido a su alta competencia por luz, nutrientes, agua y espacio. Además, cuando la densidad de siembra es baja se obtienen plantas más vigorosas, pero en una menor cantidad. En ambos casos, existe el riesgo de que los rendimientos no sean óptimos, lo que puede hacer que el cultivo no sea económicamente rentable y afectar negativamente la economía del productor (Tomalá, 2017).

Respecto a lo antes mencionado, se deduce que existen estudios y una información escasa sobre la temática. Razón por la cual se busca proporcionar más información sobre el uso de azúcares, específicamente sacarosa en el cultivo de tomate riñón, ayudando a reducir la competencia por recursos y promover un crecimiento y desarrollo óptimo.

1.3 Justificación

La producción del cultivo de tomate riñón puede tener una mejora mediante diferentes actividades realizadas en etapas de semilleros y viveros (Napoleón et al., 2005). Es por tal razón que el tomate riñón es uno de los cultivos más importantes bajo invernadero, debido a su alta producción y rentabilidad. Asimismo, vale mencionar que los productores dedicados a la producción de plántulas en viveros tienen un rol muy importante, ya que ellos son los encargados de proporcionar un material vegetativo de buena calidad (Vargas, 2011).

La aplicación de carbohidratos es muy importante para el crecimiento y desarrollo de tejidos, raíces, tallos y hojas, donde estos carbohidratos a su vez desempeñan un papel muy importante en la fase vegetativa y maduración de la mayoría de los cultivos. Asimismo, aplicaciones extras de carbohidratos pueden apoyar a las plantas en sus procesos metabólicos, facilitando que los cultivos redirijan una mayor cantidad de su propia energía para la síntesis de aminoácidos y metabolitos secundarios esenciales (Marschner, 2011).

En este contexto, los carbohidratos podrían emplearse para contrarrestar los efectos adversos que diversos cultivos experimentan al estar expuestos a diferentes condiciones de estrés, proporcionando así un beneficio adicional a las plantas al recibir fotoasimilados extra que no provienen directamente de la actividad fotosintética (Yumar et al., 2010).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la producción de plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo aplicaciones de sacarosa exógena en Chaltura, Ecuador.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las aplicaciones de sacarosa exógena, sobre el crecimiento en plántulas de tomate riñón.
- Comparar las características morfológicas de plántulas de tomate riñón bajo distintas dosis de sacarosa exógena.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis alternativa (H_a)

Ninguna de las aplicaciones de sacarosa exógena mejorara el crecimiento y morfología de plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.).

1.5.2 Hipótesis nula (H_0)

Al menos una de las aplicaciones de sacarosa exógena mejorara el crecimiento y morfología de plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia productiva del tomate riñón

El tomate riñón es originario de América del Sur, pero su domesticación tuvo inicio en el sur de México y norte de Guatemala, siendo también llevado a Europa durante el siglo XVI y a principios del siglo XVII. Además, el tomate riñón empezó a ser producido como un alimento comestible a finales del siglo XVIII, y a inicios del siglo XX el tomate adquirió una gran importancia alimenticia (Barrera, 2015).

En la horticultura mundial, el tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) juega un rol muy importante ya que es un cultivo que genera una gran cantidad de ingresos si se lo proyecta de manera adecuada a la comercialización tanto nacional como internacionalmente. Asimismo, el tomate tiene cada vez una mayor relevancia nutricional ya que es una excelente fuente de antioxidantes y vitaminas que ayudan a reducir la presencia de radicales libres en el cuerpo humano (Pilco, 2018).

Conforme lo menciona Vallejo (2016), en el Ecuador y otros países el tomate riñón es uno de los cultivos de mayor importancia, ya que crea y fomenta el empleo de diferentes actividades económicas debido a que integra un aporte importante en la agroindustria. El tomate siendo una hortaliza que se la puede cultivar tanto al aire libre como en invernadero y se adapta a diferentes altitudes, desde el nivel del mar hasta los 3 200 msnm. Además, este se puede cultivar durante todo el año especialmente por pequeños y medianos productores (Marín, 2016).

2.2 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Marín (2016) el tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea y herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos, y se clasifica taxonómicamente como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del tomate riñón.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

2.3 Clasificación morfológica de las plantas

La raíz es un órgano vital para las plantas, ya que cumple diferentes funciones importantes para su supervivencia. En primer lugar, fija la planta al suelo proporcionándole estabilidad. Además, se encarga de absorber el agua y las sales nutritivas presentes en el suelo, las cuales son importantes para el crecimiento y desarrollo de la planta.

El tallo es un órgano vegetal que desempeña varias funciones clave para el desarrollo de las plantas. Asimismo, sostiene las hojas, flores y frutos permitiendo que estén adecuadamente posicionados para realizar sus funciones. Además, el tallo se encarga de conducir la sabia, transportando agua, nutrientes y productos de la fotosíntesis hacia las distintas partes de la planta.

Finalmente, las hojas son órganos verdes que emergen del tallo y cumplen dos funciones importantes en la vida de la planta. En primer lugar, realizan la fotosíntesis, un proceso fundamental para la elaboración de materia orgánica, que permite a la planta producir su propio alimento. Además, las hojas participan en la transpiración, un mecanismo que permite eliminar el exceso de agua, contribuyendo a regular el balance hídrico del vegetal (Sevilla, 2021).

2.4 Variedad Zodiac

El tomate Zodiac es una variedad híbrida, que se caracteriza por ser muy resistente a enfermedades como el virus de la cuchara, nematodos, fulvia fulva y el virus del mosaico del

tomate. Además, se caracteriza por tener frutos redondos con una excelente firmeza y cierre pistilar, también tiene una buena vida postcosecha con un buen color y forma para mercados exigentes (Alaska S.A., 2019).

2.5 Exigencias del microclima en el cultivo de tomate riñón

El manejo adecuado de los factores microclimáticos es muy importante para obtener un desempeño adecuado en el cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados. Además, estos factores experimentan amplias variaciones de una zona a otra (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar [AAIC], 2003).

2.5.1 Temperatura

El tomate riñón es considerado una planta termodinámica, ya que crece mejor con una temperatura variable que constante. Asimismo, la temperatura óptima para el cultivo de tomate riñón es de 23 y 25 °C durante el día y durante la noche la temperatura oscila entre 15 y 17 °C respectivamente (Proain, 2020).

2.5.2 Humedad relativa

La humedad relativa inferior al 50% es un problema ya que las plantas expulsan el agua en forma de vapor hacia la atmósfera, lo que provocaría la marchites de la planta y el desarrollo del *Oidium* sp. Además, valores superiores pueden reducir la absorción del agua y los nutrientes, es por tal razón que los valores óptimos de humedad relativa oscilan entre el 50 y 70% respectivamente (AAIC, 2003).

2.5.3 Radiación

La luz es un factor imprescindible para llevar adelante una serie de procesos fisiológicos en las plantas. Es así como las plantas a una alta densidad de siembra no reciben la suficiente luz, lo que limita su desarrollo.

Además, altas densidades de luz provocan plantas con tallos cortos y gruesos a diferencia de intensidades bajas que producen tallos largos y delgados. La luz y la temperatura tienen una estrecha relación, ya que a mayor luz mayor temperatura; es así como excesos en la transpiración provocan deficiencias hídricas y estas influyen directamente en el rendimiento del cultivo (AAIC, 2003).

2.5.4 CO₂

La concentración de CO₂ en los invernaderos juega un papel importante en la tasa de asimilación de este. Es por tal razón que la concentración actual de CO₂ en la atmósfera oscila entre los 350 a 400 ppm, a diferencia de la concentración que permite tener la mayor tasa de fotosíntesis en las plantas que va desde los 900 a 1000 ppm (Proain, 2020).

2.6 Viveros

Los viveros tienen gran importancia a nivel productivo, ya que son los encargados de mantener la calidad genética de la producción en diferentes especies agrícolas. Además, un manejo inadecuado de las fuentes de material genético utilizado en reproducciones de plántulas y plantas podría generar daños tanto ambientales como económicos (Quiñones, 2015).

La adopción de la producción hortícola en invernadero contribuye a reducir los riesgos de la producción y aumenta la rentabilidad del sector, al mismo tiempo que mejora el uso de los recursos naturales, como el agua y suelo. Además, crea empleos, reduce la contaminación ambiental y minimiza los impactos negativos en la salud de las personas (López et al., 2011).

2.7 Procesos de la fotosíntesis

La fotosíntesis es el punto de partida para optimizar el desarrollo de las plantas, ya que en este proceso el dióxido de carbono y el agua se transforman en azúcares con la ayuda de la energía solar. Es así como los productos obtenidos de la fotosíntesis son indispensables para mantener la vida de las plantas y de manera indirecta para la subsistencia de organismos heterótrofos (Pérez, 2009).

Este proceso nos proporciona la mayor parte del oxígeno que los seres humanos necesitamos para respirar y a su vez subsistir. Por lo tanto, la fotosíntesis es muy importante ya que es la única fuente de vida para la mayoría de las plantas y animales al proporcionar una fuente de energía que impulsa sus procesos metabólicos.

Además, las plantas son de gran importancia ya que ayudan a mantener un nivel equilibrado de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera, es así como la mayoría del oxígeno que se encuentra en la atmósfera es gracias a el proceso de la fotosíntesis. También, la energía química que es almacenada en las plantas se transfiere a los seres humanos y animales cuando se consume materia vegetal (Bello, 2023).

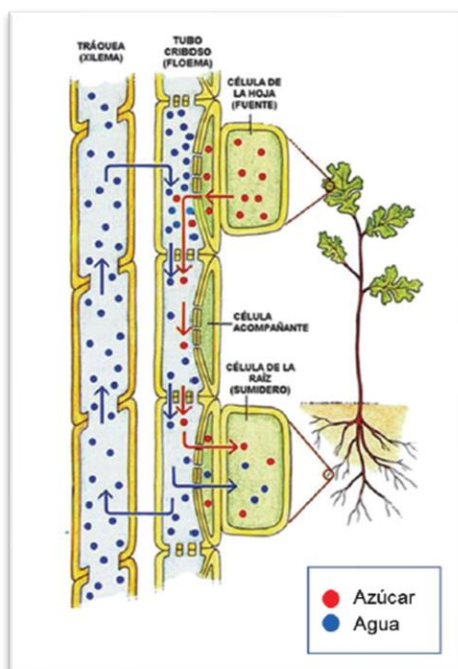
2.7.1 Relaciones fuente - sumidero

las plantas de coloración verde contienen un pigmento llamado clorofila, es así como junto con otros pigmentos secundarios absorbe una sección del espectro solar denominada radiación fotosintéticamente activa (PAR). La radiación comprende longitudes de onda entre 400 a 700 nanómetros, principalmente construyendo el espectro de colores. Además, las hojas que elaboran más asimilados de los que consumen se comprenden como “fuentes” de la planta, entre tanto las otras partes de la planta que consumen más asimilados de lo que elaboran se denominan “sumideros”.

A su vez, los principales sumideros son los frutos o capullos de las flores. Las hojas jóvenes son consideradas “sumideros” ya que consumen más asimilados de lo que pueden elaborar. Por otra parte, las raíces son consideradas el sumidero más vulnerable de la planta, ya que son las primeras en reaccionar en una escasez de asimilados (muerte de raíces) o a una exageración (rápida expansión de raíces), como se muestra en la Figura 1 (Geelen, 2019).

Figura 1

Transporte de azúcar de las células fuente a las células sumidero.



2.8 La Sacarosa

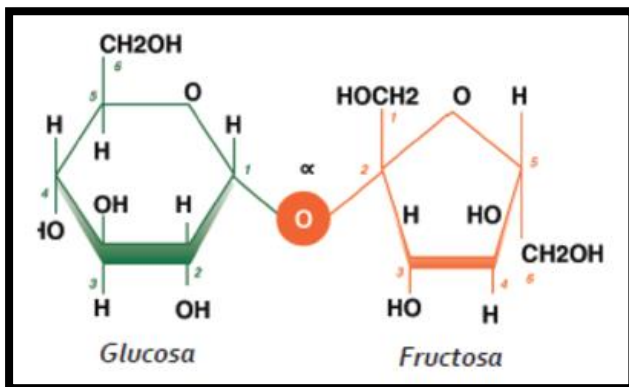
La sacarosa o azúcar de mesa es considerado un edulcorante natural muy utilizado en los alimentos. Además, está constituida por glucosa y fructosa que pertenecen a los carbohidratos o sacáridos denominados “nutritivos”, porque son la principal fuente de energía para nuestro

organismo. Asimismo, la sacarosa podemos encontrar en hojas, tallos, raíces y frutos de diferentes plantas, por lo general se obtiene de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera. En la Figura 2 se muestra la estructura química de la sacarosa (Guzmán, 2007).

Las aplicaciones foliares de azúcar actúan como una fuente de energía para las plantas, proporcionando carbohidratos simples. En situaciones de sequía, calor extremo o frío, el azúcar proporciona una fuente adicional de energía que ayuda a las plantas a mantenerse vigorosas. Por otro lado, el uso excesivo de azúcar puede ser perjudicial, por lo que se debe utilizarse con moderación, asegurándose de no sobrecargar a las plantas con glucosa (Escobar, 2024).

Figura 2

Químicamente la sacarosa es un disacárido formado por glucosa y fructosa a partes iguales.



2.9 Sacarosa en las plantas

El producto más numeroso de la fotosíntesis y mayoritaria de transporte del azúcar en las plantas es la sacarosa, debido a la gran importancia que esta tiene durante el crecimiento y desarrollo en las plantas. Además, ayuda en la transducción de señales y aclimatación al estrés del medioambiente, siendo muy perjudicial para estas. Finalmente, la sacarosa se sintetiza a partir de desacarosa-6P por medio de la acción de la sacarosa fosfato fosfatasa (SPP). Por otra parte, también es reducida tanto por sacarosa sintetasa como por invertasa (González, 2019).

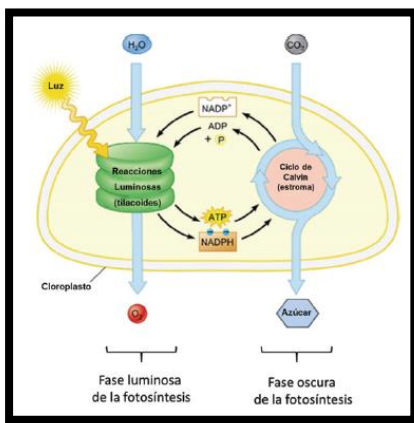
2.9.1 Síntesis de la sacarosa

Las plantas sintetizan sus azúcares en los cloroplastos a través del proceso de la fotosíntesis. Es así como existen membranas internas denominadas tilacoides, donde se encuentran los pigmentos (clorofilas y carotenos) y a su vez se encuentran los complejos proteicos encargados de captar la luz del sol y transformarla en energía química.

Asimismo, el proceso de la fotosíntesis se forma por dos fases, la primera se ejecuta mediante la captación de la luz (fase luminosa) y la segunda ocurre mediante la fijación del carbono (Figura 3). Además, la primera fase se desarrolla en los tilacoides y cambia de energía solar a energía química, en forma de nicotinamida-adenina-dinucleótido, fosfato reducido (NADPH) y adenosín-trifosfato (ATP). Asimismo, la fijación del carbono en el estroma del cloroplasto implica la participación de varias enzimas en el ciclo denominado Calvin-Benson. Por último, los productos finales de la segunda fase de la fotosíntesis son las triosas; triosas-fosfato, gliceraldehído 3-fosfato (G3P) y dihidroxiacetona-fosfato (DHAP) (Hernández et al., 2022).

Figura 3

Fases de la fotosíntesis que se encarga de transformar la energía de la luz del sol en energía química.



2.9.2 Transporte y almacén de la sacarosa

La sacarosa es transportada mediante el tejido conductor de las plantas (floema) hacia las diferentes partes de esta, este se transporta por medio de las paredes celulares (transporte apoplástico) o al contorno del citoplasma de las células (transporte simplástico). Asimismo, el floema se constituye de células vivas que trasladan una solución acuosa de azúcares, que habitualmente llamamos savia. Además, los nutrientes se pueden trasladar desde la fotosíntesis (fuente), al lugar donde se aprovecha el azúcar (sumidero).

Por lo tanto, los tejidos fotosintéticos de las plantas necesitan de la sacarosa ya que es la fuente de energía, ya que no pueden fabricarla. Finalmente, la sacarosa y demás azúcares que son producidos en el ciclo de Calvin mediante los organismos fotosintéticos, ya que son los que representan la energía total en la tierra. Esta se produce a partir de la fijación del carbono del (CO_2) debido a la energía luminosa y a su vez es empleada para su propio desarrollo (Guzmán, 2007).

2.10 Marco legal

El Art. 13 de la Constitución de la República del Ecuador establece que “las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales”.

De conformidad con el Art. 48 de la Constitución de la República del Ecuador, la presente investigación se encuentra dentro de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura. La agricultura sustentable contiene los sistemas de producción agropecuaria que permite obtener alimentos de forma estable, saludable, económicamente viable y socialmente aceptable, en armonía con el medio ambiente y preservando el potencial de los recursos naturales productivos, sin comprometer la calidad presente y futura del recurso suelo (Serrano, 2017).

CAPÍTULO III

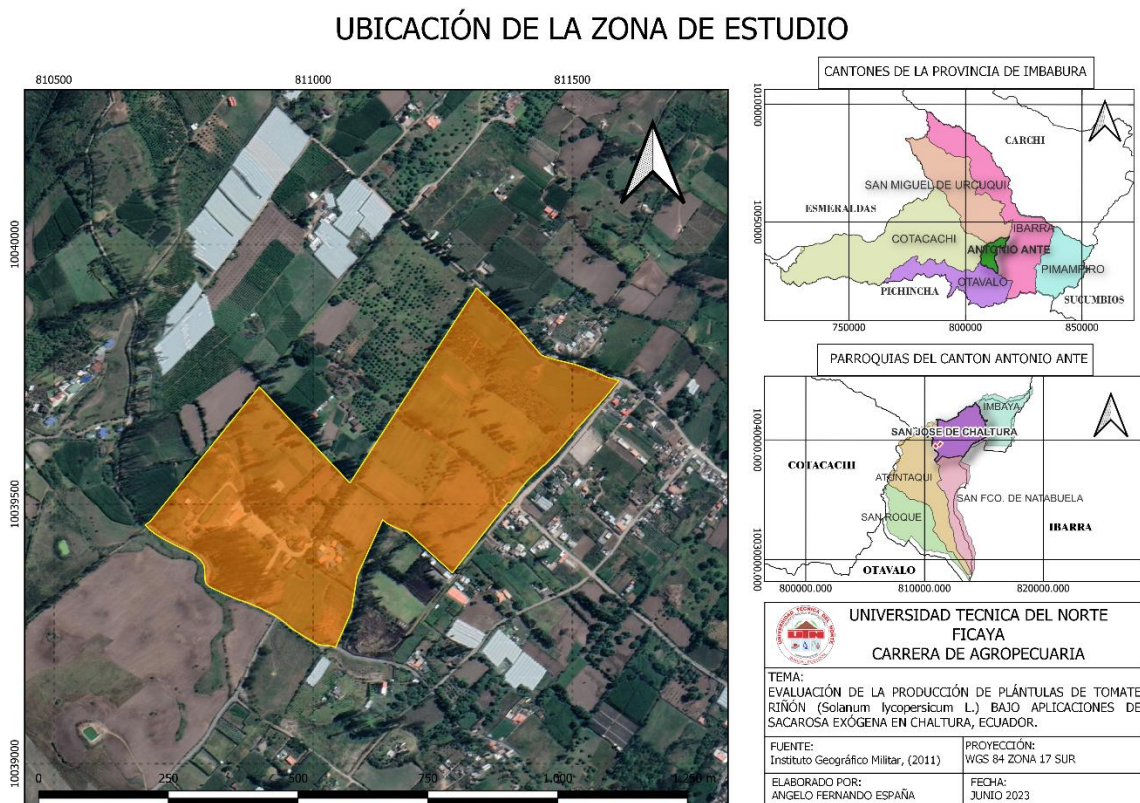
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la Granja Experimental la Pradera, donde se seleccionó un área de estudio para la evaluación de diferentes dosis de sacarosa exógena en plántulas de tomate riñón bajo invernadero. En la Figura 4 se muestra la ubicación geográfica de la Granja Experimental la Pradera.

Figura 4

Ubicación geográfica del área de estudio del efecto de aplicaciones de sacarosa en plántulas de tomate riñón.



3.1.1 Ubicación política y geográfica

En la Tabla 2 se presenta la situación geográfica y características climáticas de la Granja Experimental la Pradera.

Tabla 2*Situación geográfica y características de la Granja Experimental la Pradera.*

Provincia	Imbabura
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	San José de Chaltura
Lugar	Granja Experimental la Pradera
Situación geográfica	
Altitud	2350 m s.n.m.
Coordenadas geográficas	UTM: X=810913-E Y=10039425-N
Características climáticas	
Temperatura media anual	16.4 °C
Precipitación media anual	600 a 800 mm
Humedad relativa	68.9%

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

En la Tabla 3 se presentan los materiales, insumos y equipos utilizados durante la experimentación de campo bajo invernadero.

Tabla 3*Materiales que se utilizaron en la investigación.*

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Insumos
Bandejas de germinación de 200 cavidades (para semillas de tomate riñón)	Balanza analítica	Computadora	Semillas de tomate riñón (F1 Hybrid Tomato Zodiac)
Libreta de campo	Horno secador	Cámara fotográfica	Sacarosa
Regla	Medidor de área foliar		Turba y arena de río
Soportes de bandejas (mesas metálicas)			
Calibrador (pie de rey)			
Medidor de clorofila			

3.3 Métodos

La presente investigación es de tipo experimental en condiciones de campo cerrado (vivero), basada en la evaluación de la producción de plántulas de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) bajo aplicaciones de sacarosa exógena.

3.3.1 Factores en estudio

Los factores en estudio utilizados fueron las diferentes dosis de sacarosa exógena y los tiempos de evaluación.

Factor1: niveles de sacarosa

N1: 0 mM (control)

N2: 1 mM = 0.03423% (p/v)

N3: 10 mM = 0.3423% (p/v)

N4: 100 mM = 3.423% (p/v)

Factor2: tiempos de evaluación

5 tiempos (27, 31, 35, 39 y 43 días después de la siembra)

Los tiempos de evaluación se tomó en cuenta para las variables de peso seco de raíz, tallo, hojas y peso seco total.

3.3.2 Tratamientos

En la Tabla 4 se muestra los tratamientos y concentraciones de sacarosa aplicadas en el estudio.

Tabla 4

Descripción de tratamientos aplicados durante la experimentación.

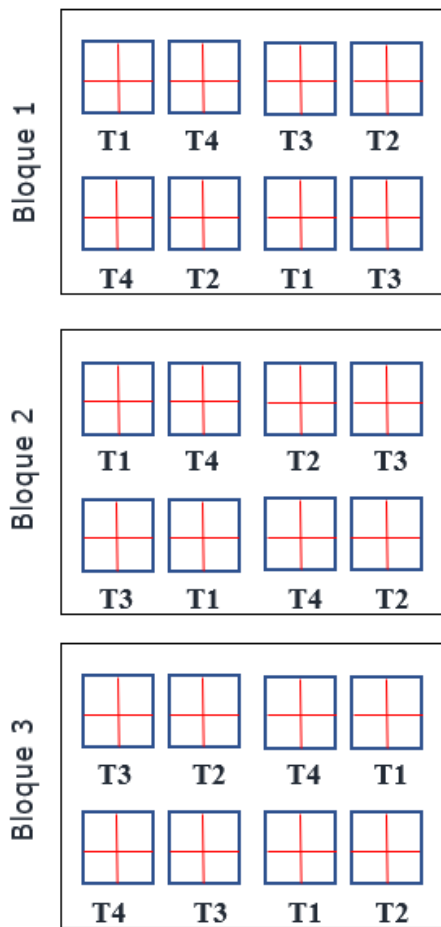
Codificación	Tratamiento/concentración de sacarosa
T1	0 mM
T2	1 mM
T3	10 mM
T4	100 mM

3.3.3 Diseño experimental

Para la presente investigación, se implementó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con medidas repetidas en tiempo como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas en tiempo.



3.3.4 Características del experimento

Bloques: 3

Tratamientos: 4

Número de unidades experimentales: 12

Unidad experimental: 2 bandejas

Área del experimento: 12 m largo x 6.5 m ancho

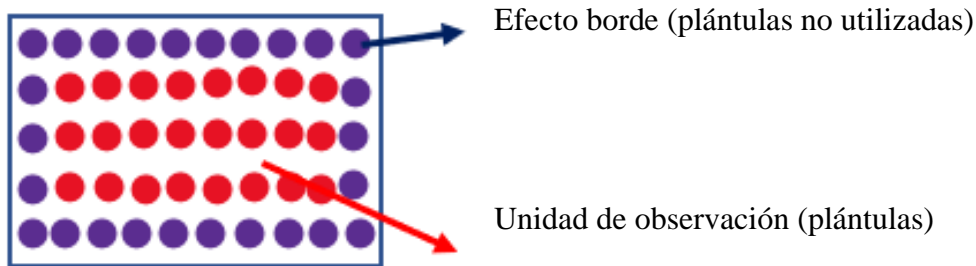
3.3.5 Características de la unidad experimental

La unidad experimental tuvo 2 bandejas de 200 hoyos, donde cada bandeja se dividió en cuatro partes iguales para formar 4 unidades experimentales con 50 plántulas cada una. Excluyendo el efecto borde, cada unidad experimenta estuvo compuesta por 24 plántulas, de las cuales 16

fueron seleccionadas aleatoriamente para las evaluaciones. En la Figura 6 se muestra la unidad experimental.

Figura 6

Unidad experimental del diseño en bloques completos al azar con medidas repetidas en tiempo.



3.3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se enfocó en el análisis de varianza (ADEVA), y para los resultados se utilizó la prueba de medias LSD Fisher al 5% ($\alpha=0.05$), con el software InfoStat 2020.

3.4 Variables evaluadas

En la presente investigación se evaluaron las siguientes variables cuantitativas que están en relación directa con los objetivos de la investigación. Estas variables se tomaron a los 27, 31, 35, 39 y 43 días después de la siembra (DDS).

3.4.1 Grosor del tallo

Para la variable grosor de tallo, se seleccionaron 24 plántulas de cada tratamiento consideradas para muestras destructivas, donde se tomaron datos cada 4 días. Esta variable se midió con la ayuda de un calibrador pie de rey digital.

3.4.2 Longitud de la raíz

Para esta variable se midió la raíz a 24 plántulas de cada tratamiento consideradas para muestras destructivas. Extrayendo cada plántula con mucho cuidado de la bandeja de germinación y posteriormente realizando un lavado de las raíces para luego ser medidas con la ayuda de una regla. Este procedimiento se lo realizó cada 4 días.

3.4.3 Longitud del hipocótilo

Se midió la longitud del hipocótilo (espacio entre los cotiledones y la radícula) a 24 plántulas de cada tratamiento consideradas para muestras destructivas. Esta variable se midió con la ayuda de una regla. Este procedimiento se realizó cada 4 días.

3.4.4 Longitud total de la plántula

La longitud total de las plántulas se determinó con la ayuda de una regla y se las midió desde la base del tallo hasta el final del ápice. Esta medida se la tomaron a las 24 plántulas de cada tratamiento consideradas para muestras destructivas. Este procedimiento se lo realizó cada 4 días.

3.4.5 Área foliar

Para la medición de área foliar, se tomaron las 24 plántulas de cada tratamiento consideradas para muestras destructivas, donde se separaron las hojas de los tallos respectivamente. Con la ayuda de un medidor de área foliar modelo (LI-3100C Area Meter), se cuantificó el área foliar de cada plántula, con resultados en cm². Este procedimiento se lo realizó cada 4 días.

3.4.6 Contenido de clorofila

Para medir el contenido de clorofila, se tomó un foliolo al azar de todas las 24 plántulas de cada tratamiento consideradas para muestras destructivas, con la ayuda de un medidor de clorofila modelo (MC-100 Apogee Instruments), donde estuvo calibrado para medir la concentración de clorofila en hojas con unidades de $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Este procedimiento se lo realizó cada 4 días.

3.4.7 Materia seca (raíz, tallo, hojas)

Para determinar la materia seca, se utilizó el horno del laboratorio de la carrera de Ingeniería Agropecuaria. Silva et al. (2015) mencionan que un método eficaz es colocar a las plantas en una estufa a 105 °C por un tiempo aproximado de 24 horas, hasta que la materia seca de la planta sea constante en los diferentes órganos.

Este procedimiento se lo realizó al final de tomar todas las variables de nuestra investigación, donde anteriormente las muestras fueron separadas en (raíz, tallo, hojas) y fueron colocadas en bolsas de papel y señaladas con sus respectivos tratamientos. Una vez que fueron expuestas al horno secador, se tomaron los pesos de materia seca de los diferentes órganos con la ayuda de una balanza analítica.

3.4.8 Materia seca total

Para determinar la materia seca total se lo realizó en el programa de Excel ya que se sumaron todos los pesos de materia seca de (raíz, tallo, hojas), para así obtener un peso total.

3.5 Manejo del experimento

3.5.1 Adecuación del área de investigación

Se adecuó el área de estudio en tipo invernadero, para colocar las mesas metálicas que sirvieron de soporte para las bandejas de germinación de los diferentes tratamientos.

3.5.2 Obtención de semillas

Las semillas que se utilizaron en la investigación fueron de la variedad (F1 Hybrid Tomato Zodiac), que fueron obtenidas de proveedores autorizados.

3.5.3 Preparación y colocación del sustrato en las bandejas de germinación

El sustrato que se utilizó para esta investigación fue una mezcla de turba y arena de río esterilizada (relación en peso: 1 a 0.75), para la desinfección de sustratos se colocó en un horno secador a 105 °C durante 6 horas. Este sustrato facilito removerse con más facilidad de las raíces para evaluar de una mejor manera las variables.

3.5.4 Siembra de las semillas en las bandejas de germinación

Las semillas utilizadas en la investigación fueron previamente seleccionadas, tomando en cuenta que no tengan ningún daño físico. Se colocó una semilla de tomate riñón (F1 Hybrid Tomato Zodiac) en cada uno de los orificios de las 24 bandejas de germinación.

3.5.5 Distribución de bandejas en el invernadero

Las bandejas donde se sembraron las semillas de tomate riñón se colocaron en diferentes mesas metálicas en un espacio adecuado dentro del invernadero, observando que tengan la misma cantidad de luz y no se vean afectadas para su óptimo desarrollo.

3.5.6 Implementación de sistema de microaspersión (solución nutritiva)

Se implementó un sistema de microaspersión y se lo aplicaba cuando las plántulas lo requerían, observando si el sustrato se encontraba poco húmedo y se realizaba el riego evitando que el agua se exceda, obteniendo uniformidad en todas las bandejas. Para la elaboración de la solución nutritiva se utilizó un tambor plástico de 200 L, el cual solo se realizó la cantidad de

144 L de solución nutritiva. Para la regulación del pH se utilizó ácido cítrico y se verifico que tenga un pH de 5.5, esto se realizó con la ayuda de tiras de pruebas de pH.

Se utilizó agua del grifo para regar las bandejas durante los primeros 14 días. Durante los siguientes 10 días, las plántulas fueron fertirrigadas con una concentración reducida a la mitad de la solución nutritiva. A partir de ello se utilizó la concentración completa para fertirrigar las plántulas. En la Tabla 5 se muestran las fuentes que se utilizaron para realizar la solución nutritiva.

Tabla 5

Salas minerales utilizadas para la elaboración de solución nutritiva y sus aportes en la solución expresados en ppm.

Cantidad a aplicar por litro de solución	Fuente	N-NO3	N-NH4	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		70 ppm	50 ppm	120 ppm	150 ppm	40 ppm	50 ppm	0.7 ppm	0.2 ppm	2.8 ppm	0.8 ppm	0.3 ppm	
4.515 mg	Nitrato de calcio	65.0	5.0	0.0	0.0	83.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.23 ml	Mainstay calcio					66.5							
2.2055 mg	Fosfato monopotásico	0.0	0.0	50.0	62.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.3918 mg	Sulfato de potasio	0.0	0.0	0.0	57.8	0.0	0.0	25.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.43 mg	Sulfato de magnesio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	24.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 mg	Ácido bórico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2 mg	Sulfato de Cobre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
2 mg	Quelato de Fe (EDTA)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0
2 mg	Quelato de Mn (EDTA)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
2 mg	Sulfato de Zn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
0.41 mg	Quelato de Mg (EDTA)						22.2						
	APORTE TOTAL	65.02	4.97	50.0	120.0	150.01	40.08	50.01	0.70	0.20	2.80	0.80	0.30

3.5.7 Concentraciones y aplicaciones de sacarosa

A partir del día 21 después de la siembra de las plántulas, se procedió a colocar las diferentes soluciones de sacarosa cada 7 días en todos los tratamientos durante los 43 días que duró nuestra investigación. Se utilizó un pulverizador de 2 L con boquilla ajustable, gatillo con mecanismo de bloqueo y regulador de flujo de agua para pulverización automática de niebla fina de agua. Las diferentes soluciones de sacarosa fueron disueltas en 1 L de agua y se asperjaron sobre las plántulas hasta humedecer completamente la superficie de las hojas de los diferentes tratamientos que se muestran a continuación:

La molécula de sacarosa se expresa como ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

$$C = 12.011 \times 12 = 144.132$$

$$H = 1.0079 \times 22 = 22.174$$

$$O = 15.999 \times 11 = 175.99$$

$$(144.132 + 22.174 + 175.99) = \mathbf{342.29 \text{ g/mol}}$$

Por lo tanto, 1 Mm = 0.001 mol/L y 1 mol de sacarosa tiene una masa molar de 342.29 g/mol.

$$0.001 \text{ mol/L} \times 342.29 \text{ g/mol} = \mathbf{0.34229 \text{ g/L}}$$

$$0.342229 \text{ g/L} \times 1000 = \mathbf{342.29 \text{ mg/L}}$$

Obteniendo las siguientes dosis de sacarosa:

- T1: 0 mM = 0 mg/L
- T2: 1 mM = 342.29 mg/L
- T3: 10 mM = 3422.9 mg/L
- T4: 100 mM = 34229 mg/L

3.5.8 Evaluación de variables

Las evaluaciones en el cultivo de tomate riñón se realizaron de forma conjunta, es decir, se hicieron evaluaciones a los 27, 31, 35, 39 y 43 días después de la siembra cada 4 días donde se tomaron 24 plántulas de cada tratamiento, se retiró el exceso de sustrato y se midió: grosor de tallo (mm), longitud de la raíz (cm), longitud del hipocótilo (cm), longitud total de la plántula (cm), área foliar (cm²), contenido de clorofila (μmol/m²) y pesos secos raíz, tallo y hojas (mg).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo, se describen los resultados obtenidos de cada una de las variables estudiadas en la investigación:

4.1 Grosor de tallo

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 6), se puede observar que los tratamientos tienen influencia sobre la variable grosor de tallo a los 43 días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 6

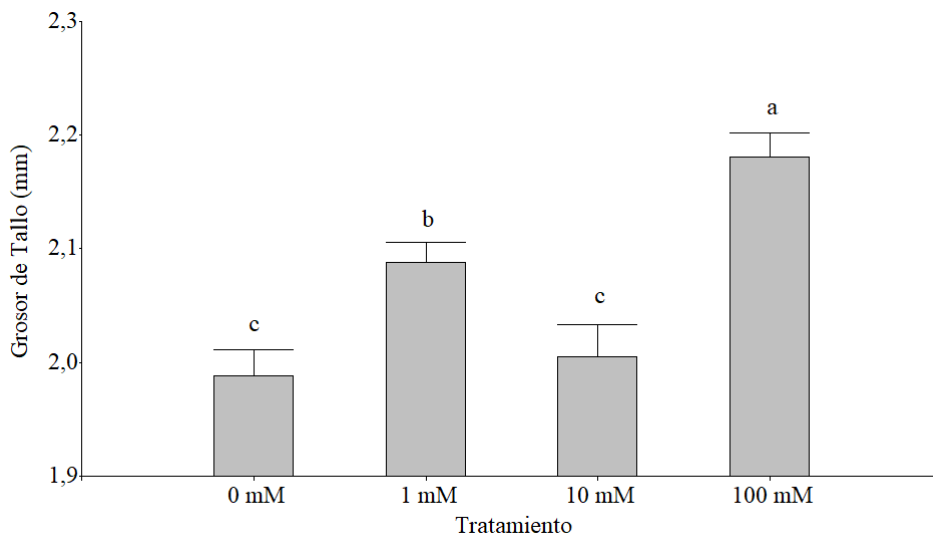
Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable grosor de tallo.

Fuente de Variación	Grados de Libertad F. V	Grados de Libertad Error	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	186	16.98	<0.0001

Adicionalmente, en la Figura 7 se observa que el tratamiento con más grosor de tallo fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 2.18 mm, el cual supera a los tratamientos 0 mM (9.54%), 1 mM (4.30%) y 10 mM (8.45%), respectivamente. El tratamiento 1 mM superó a los tratamientos 0 mM (5.02%) y 10 mM (3.98%). Los tratamientos 0 mM y 10 mM son similares entre sí, con un promedio de 2 mm.

Figura 7

*Grosor de tallo en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.*



Peralta (2017) evaluó la influencia de tres bioestimulantes orgánicos con aplicaciones foliares a la tolerancia al estrés hídrico en plántulas de *Nicotiana tabacum* en invernadero. Donde el tratamiento (T1= 30 g (43.8 mM) de sacarosa + 1 unidad de albúmina / 2 L de agua) no obtuvo diferencias significativas con el tratamiento testigo (T4= 10 g de byfolan / 2 L de agua) a los 22 y 30 días después del repique en la variable diámetro del tallo. A diferencia de la presente investigación donde se utilizó solo sacarosa a una mayor cantidad de 100 mM obteniendo un mayor grosor de tallo.

Por otro lado, Cultifort (2023) menciona que el uso de sacarosa muestra ser beneficiosa para la planta. Debido a que estas sufren momentos de estrés, ya sea por temperaturas extremas o deficiencias de nutrientes, viéndose afectadas en su crecimiento y desarrollo dado que estas necesitan de mucha energía para poder llevar a cabo sus procesos fisiológicos

4.2 Longitud de raíz

De acuerdo con las medias y error estándar (Tabla 7), se puede observar que los tratamientos no tienen influencia sobre la variable longitud de raíz a los 43 días después de la siembra ($p=0.1093$).

Tabla 7

Medias y error estándar para la variable longitud de raíz. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.

Tratamientos	Longitud de raíz (cm)
0 mM	5.12 ± 0.23
1 mM	5.96 ± 0.25
10 mM	5.45 ± 0.30
100 mM	5.67 ± 0.24

Llerena et al. (2018) evaluaron la influencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), abonos orgánicos y sacarosa con aplicaciones al suelo en el cultivo del frijol. El contenido de estiércol vacuno aplicado en el fondo del surco fue a razón de 14 toneladas / ha y la dosis aplicada de sacarosa fue de 1 kg (2920 mM) / ha. Donde encontraron que el largo de la raíz fue superior en los tratamientos (T3= HMA + estiércol vacuno) y (T4= HMA + sacarosa) no presentando diferencias significativas entre ellos, superando al tratamiento testigo con un 31.19% y 36.64% a los 40 días después de la siembra. Esto demuestra el efecto positivo entre

la planta y el hongo, influenciado por la aplicación de estiércol y sacarosa sobre la actividad del hongo.

En el estudio de Rivero et al. (2005) evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de ácido indolacético (AIA) y sacarosa sobre el enraizamiento en *Anthurium andraeanum* en las variedades “Lambada” y “Sonate” cultivadas in vitro. Dando como resultado a los 30 días de cultivo, el valor más alto en la longitud de raíces de las dos variedades se obtuvo con el tratamiento (T6= 5.71 µM de AIA y 40 g (116.8 mM) / L de sacarosa), superando al tratamiento testigo (T2= 40 g (116.8 mM) / L de sacarosa) con un 16.67% en la variedad “Lambada” y con un 51.29% en la variedad “Sonate”.

Por otro lado, Olayemi et al. (2021) mencionan que el transporte fotosintético de sacarosa desde el brote (cotiledón) hacia la raíz actúa como una señal directa que activa y favorece el alargamiento de la raíz. Además, la transferencia de fotosintatos a las raíces funciona principalmente como fuente de energía y como una molécula señal que interviene en el crecimiento de las raíces.

Finalmente, Olivera et al. (2000) mencionan que el incremento en la concentración de sacarosa causó un aumento en el número y longitud de raíces en otras especies ornamentales como la gerbera (*Gerbera jamesonii*). A diferencia de los resultados obtenidos en la variable longitud de raíz de la presente investigación donde muestra que aplicar una mayor cantidad de sacarosa 100 mM no presentó diferencias significativas con los demás tratamientos.

4.3 Longitud del hipocótilo

De acuerdo con las medias y error estándar (Tabla 8), se puede observar que los tratamientos no tienen influencia sobre la variable longitud del hipocótilo a los 43 días después de la siembra ($p=0.0651$).

Tabla 8

Medias y error estándar para la variable longitud del hipocótilo. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.

Tratamientos	Longitud del hipocótilo (cm)
0 mM	5.03 ± 0.07
1 mM	5.19 ± 0.10
10 mM	5.11 ± 0.07
100 mM	5.28 ± 0.07

Los resultados obtenidos en la variable longitud del hipocótilo de la presente investigación se diferencian de los obtenidos por Stewart et al. (2011) donde en su estudio explica que la sacarosa promueve el crecimiento de las plántulas al extender el número de días de elongación del hipocótilo. En esta investigación se adicionó 3% (88 mM) p/v de sacarosa al medio vegetal de *Arabidopsis thaliana*, obteniendo que casi duplicó la altura de las plántulas luego de los 6 días de germinación.

Por otro lado, Leivar y Monte (2014) hablan de la estrecha relación entre la concentración de la Sacarosa y la expresión de algunos PIFs (Factores que Interaccionan con los Fitocromos), ya que este azúcar aumenta el ritmo de crecimiento del hipocótilo, esto se debe a que cuando existen condiciones de luz baja los PIFs son activados y favorecen la elongación del hipocótilo, esto concuerda con lo mencionado por Olayemi et al. (2021) que, un cultivo de plántulas bajo la sombra con una baja proporción de luz roja a roja lejana induce el alargamiento del hipocótilo para promover el crecimiento de los brotes sobre la raíz.

4.4 Longitud total

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 9), se puede observar que los tratamientos tienen influencia sobre la variable longitud total a los 43 días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 9

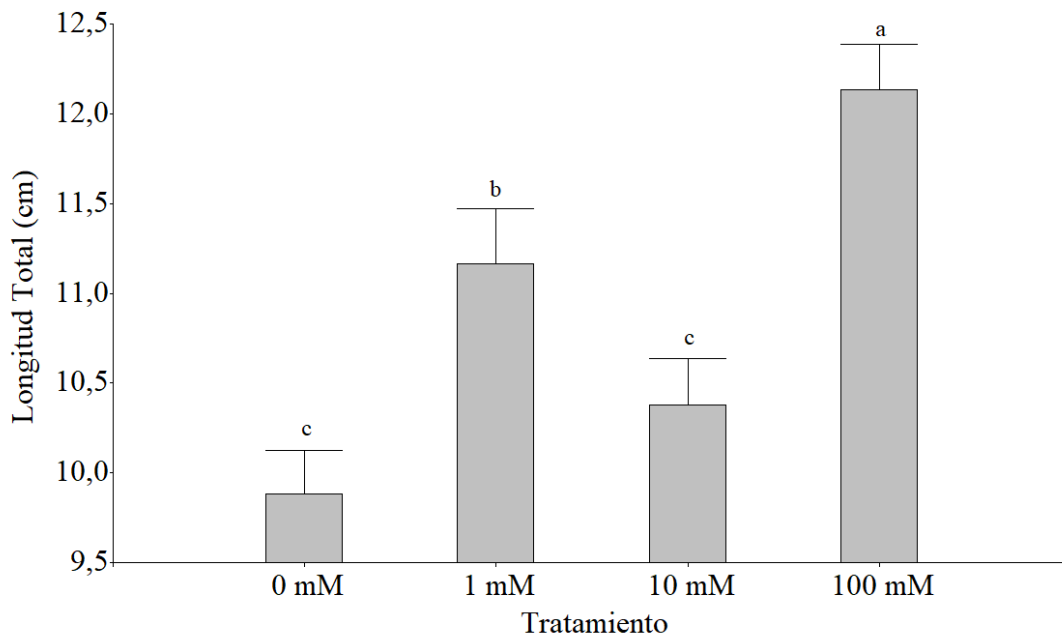
Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable longitud total.

Fuente de Variación	de	Grados de Libertad F. V	de	Grados de Libertad Error	de	Valor F	Valor p
Tratamiento		3		187		14.07	<0.0001

En la Figura 8 se observa que el tratamiento con más longitud total fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 12.13 cm, el cual supera a los tratamientos 0 mM (22.77%), 1 mM (8.69%) y 10 mM (16.85%), respectivamente. El tratamiento 1 mM superó a los tratamientos 0 mM (12.95%) y 10 mM (7.51%). Los tratamientos 0 mM y 10 mM no muestran diferencias significativas, con un promedio de 10.13 cm.

Figura 8

Longitud total en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.



En los datos obtenidos muestran óptimos resultados con la aplicación de sacarosa a mayor concentración 100 mM, sin embargo, para el estudio de Peralta (2017) donde evaluó la influencia de tres bioestimulantes orgánicos con aplicaciones foliares a la tolerancia al estrés hídrico en plántulas de *Nicotiana tabacum* en invernadero. Donde el tratamiento (T1= 30 g (43.8 mM) de sacarosa + 1 unidad de albúmina / 2 L de agua) no obtuvo diferencias significativas con el tratamiento testigo (T4= 10 g de byfolan / 2 L de agua) a los 22 y 30 días después del repique en la variable longitud total.

Rivero et al. (2005) evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de ácido indolacético (AIA) y sacarosa sobre el enraizamiento en *Anthurium andraeanum*. Dando como resultado que al utilizar (2.89 μ M de AIA) y una concentración de 40 g (116.8 mM) / L de sacarosa, se alcanzó el valor más alto en la variable altura de la planta, superando al tratamiento testigo 40 g (116.8 mM) / L de sacarosa con un 4.6%, sin embargo, cuando se aumentó la concentración de AIA la altura de las plantas disminuyó. El autor menciona quizá se debió a que concentraciones más altas puede inducir un efecto de inhibición o estrés en la planta, lo que reduce el crecimiento en altura de la planta.

Por otro lado, en el estudio de Llerena et al. (2018) evaluaron la influencia de sacarosa con aplicaciones al suelo en el cultivo de fríjol, obteniendo como resultados que al adicionar

sacarosa 1 kg (2920 mM) / ha, a los 40 días después de la siembra, mostró mayor altura en la planta superando al testigo por 12.33%.

4.5 Área foliar

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 10), se puede observar que los tratamientos tienen influencia sobre la variable área foliar a los 43 días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 10

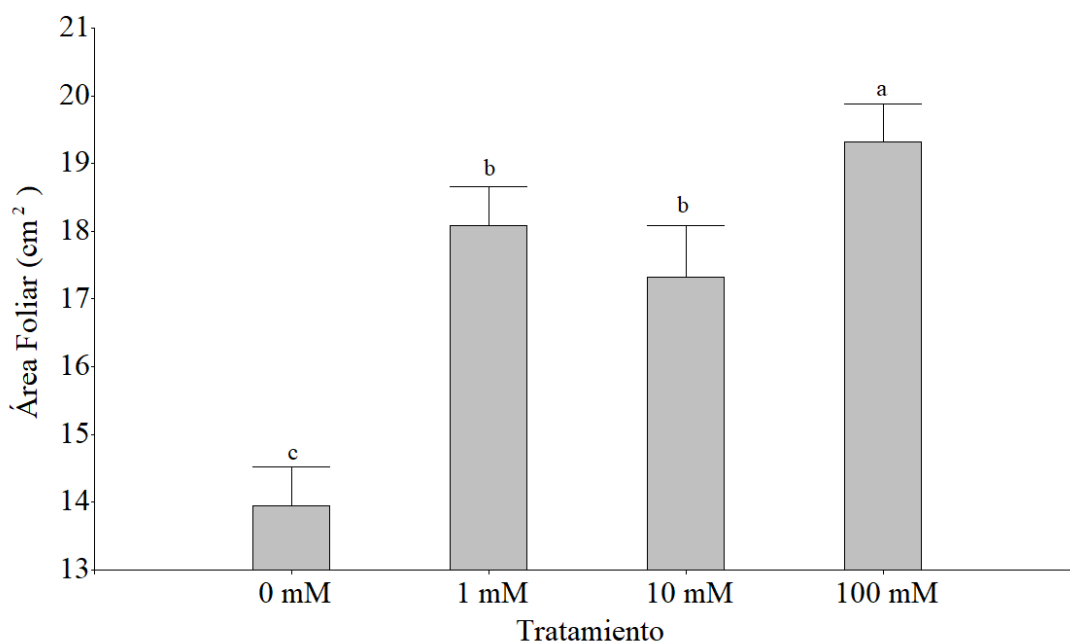
Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable área foliar.

Fuente de Variación	de Grados de Libertad	de Grados de Libertad Error	de Valor F	Valor p
Tratamiento	3	186	26.27	<0.0001

Adicionalmente, en la Figura 9 se observa que el tratamiento con más área foliar fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 19.32 cm², el cual supera a los tratamientos 0 mM (38.39%), 1 mM (6.79%) y 10 mM (11.54%), respectivamente. Por otra parte, los tratamientos 1 mM y 10 mM son similares, con un promedio de 17.7 cm²; sin embargo, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de 13.96 cm².

Figura 9

*Área foliar en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.*



En la presente investigación se pudo evidenciar que al adicionar una mayor cantidad de sacarosa de 100 mM mostro mayor área foliar y a su vez una mayor longitud de la planta, esto concuerda con lo mencionado por Monge (2019) que, cuando una planta se desarrolla en altura, es posible que también desarrolló una mayor área foliar. Por ello, existe una correlación entre la altura y el área foliar de la planta.

Asimismo, Alvim (2005) encontró que la aplicación de sacarosa incrementó la tasa de asimilación neta, la superficie foliar y la tasa relativa de crecimiento en frijol, y la MS acumulada aumentó en 16.4%. Además, este estudio sugiere que los valores más altos observados en estas variables pueden atribuirse al carbono suplementario proporcionado por las aplicaciones de sacarosa.

4.6 Clorofila

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 11), se puede observar que los tratamientos tienen influencia sobre la variable clorofila a los 43 días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 11

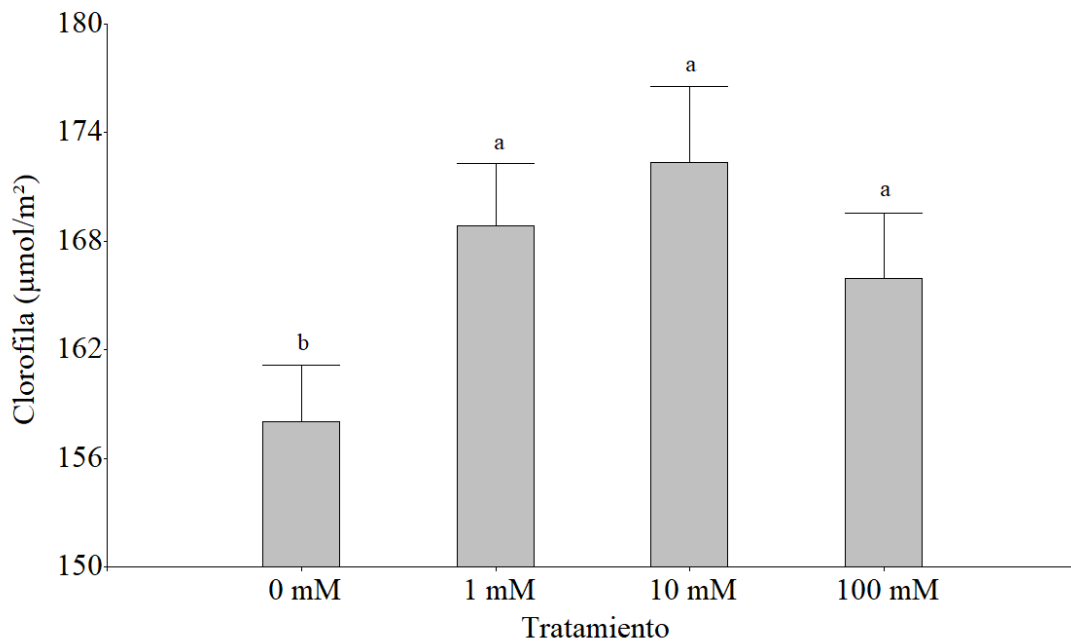
Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable clorofila.

Fuente de Variación	de Grados de Libertad F. V	de Grados de Libertad Error	de Valor F	Valor p
Tratamiento	3	185	2.90	0.0362

En la Figura 10 se observa que los tratamientos con más clorofila fueron los tratamientos 1 mM, 10 mM y 100 mM ya que no muestran diferencias significativas, con un promedio de 169.03 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Sin embargo, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de 158.01 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$.

Figura 10

Clorofila en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.



Espinoza et al. (2016), evaluaron el efecto de la aplicación de KNO_3 y sacarosa en plantas de cebolla (*Allium cepa*) bajo condiciones de campo y durante la fase de bulbificación, obteniendo como resultados que al utilizar sacarosa a una concentración del 1% (29.2 mM) p/v, tuvo como resultado que a los 62 días después del trasplante el índice relativo de clorofila presentó un 5.22% mayor con respecto al tratamiento testigo. El autor menciona que esto puede deberse a que, en esa etapa del cultivo, los fotoasimilados son destinados al desarrollo y crecimiento foliar.

Por otro lado, en el estudio realizado por Westerveld et al. (2004) donde compararon las mediciones del índice de clorofila mediante el método SPAD y el contenido de nitrógeno total, se observó que las lecturas del SPAD generalmente disminuían a medida que la planta envejecía, siendo esta disminución más evidente en la etapa final de desarrollo, posiblemente debido a que los fotoasimilados se dirigen hacia los órganos de almacenamiento.

Sin embargo, en la investigación realizada por Zhang et al. (2022) estudiaron el efecto de la aplicación de sacarosa en plantas cosechadas de mostaza tierna, donde sumergieron el tallo de estas en una solución de 15 g (43.8 mM) / L de sacarosa, obteniendo como resultados que el contenido total de clorofila fue del 38.34% mayor respecto al tratamiento testigo. Además, en esta investigación encontraron que al aplicar sacarosa retrasó el deterioro de la calidad sensorial

al inhibir la degradación de la clorofila, resultados que concuerdan con los resultados obtenidos en nuestra investigación, donde indican que la adición de sacarosa en diferentes dosificaciones ayuda a mantener el pigmento propio de las plantas verdes (clorofila).

4.7 Materia seca de hojas

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 12), se puede observar que existe interacción entre los tratamientos y los días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 12

Análisis de varianza evaluados para la variable materia seca de hojas días después de la siembra.

Fuente de Variación	de Grados de Libertad F. V	de Grados de Libertad Error	de Valor F	Valor p
Tratamiento	3	938	1.92	0.1250
DDS	4	938	427.08	<0.0001
Tratamiento:DDS	12	938	11.54	<0.0001

Adicionalmente, en la Figura 11 muestra que al día 27 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca de hojas fue el tratamiento 0 mM, con un promedio de 22.01 mg, el cual supera a los tratamientos 1 mM (13.95%), 10 mM (4.68%) y 100 mM (9.59%), respectivamente. Por otra parte, el tratamiento 10 mM superó a los tratamientos 1 mM (9.73%) y 100 mM (5.15%), respectivamente. Los tratamientos 100 mM y 1 mM son similares entre sí, con un promedio de 19.42 mg.

Al día 31 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca de hojas fue el tratamiento 0 mM, con un promedio de 32.49 mg, el cual supera a los tratamientos 1 mM (6.87%), 10 mM (8.13%) y 100 mM (8.56%), respectivamente. Por otro lado, los tratamientos 1 mM y 10 mM y 100 mM no muestran diferencias significativas, con una materia seca de hojas promedio de 29.94 mg.

En el día 35 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca de hojas fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 39.87 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (21.12%), 1 mM (7.43%) y 10 mM (19.57%), respectivamente. Además, el tratamiento 1 mM superó a los tratamientos 0 mM (14.8%) y 10 mM (13.12%), respectivamente. Finalmente, los tratamientos 10 mM y 0 mM son similares entre sí, con un promedio de 31.76 mg.

Al día 39 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca de hojas fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 43.74 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (23.96%), 1 mM (10.04%) y 10 mM (10.13%), respectivamente. Por otro lado, los tratamientos 10 mM y 1 mM no muestran diferencias significativas, con una materia seca de hojas promedio de 39.33 mg; sin embargo, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de materia seca en hojas de 33.26 mg.

A su vez, en el día 43 después de la siembra, el contenido de materia seca en hojas de los tratamientos 100 mM, 10 mM y 1 mM no muestran diferencias significativas, con un promedio de 46.02 mg. Además, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de materia seca en hojas de 34.69 mg.

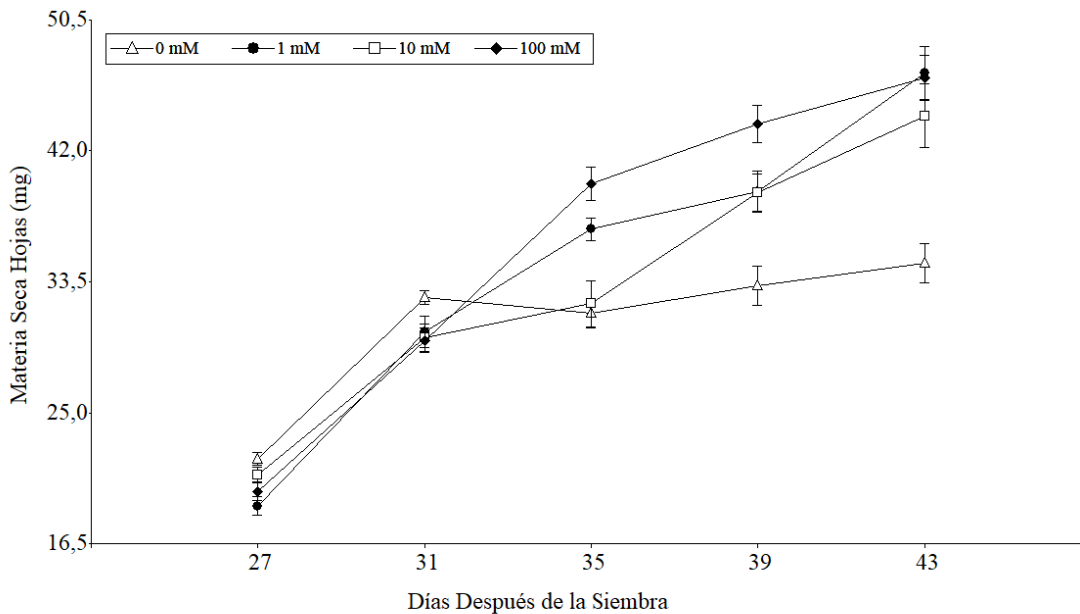
Además, se puede observar que la materia seca de hojas aumentó a lo largo del tiempo para todos los tratamientos. El tratamiento 0 mM, al día 27 muestra una materia seca promedio de 22.01 mg, para el día 31 y 35 mantiene un promedio de 31.97 mg, sin embargo, existe un aumento del 31.16% con respecto al día 27. Además, en el día 39 de igual forma hubo un aumento del 3.88% con respecto al día 31 y 35. Asimismo, en el día 43 hubo un aumento de materia seca de hojas del 4.13% con respecto al día 39.

El tratamiento 1 mM, al día 27 muestra una materia seca promedio de 18.94 mg, para el día 31 existe un aumento del 37.41% con respecto al día 27. Asimismo, para el día 35 hubo un aumento del 18.02% con respecto al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 6.21% con relación al día 35. Además, en el día 43, se nota un incremento de materia seca de hojas del 16.39% respecto al día 39.

Para el tratamiento 10 mM, al día 27 después de la siembra obtiene una materia seca promedio de 20.98 mg, para el día 31 existe un aumento del 29.72% con respecto al día 27. Además, para el día 35 hubo un aumento del 6.93% con relación al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 18.42% con respecto al día 35. Asimismo, para el día 43 hubo un incremento del 11.25% respecto al día 39. Finalmente, el tratamiento 100 mM, mantiene un promedio de materia seca de 19.90 mg durante el día 27 después de la siembra. Al día 31 se nota un incremento de materia seca del 33.02% con relación al día 27. Además, en el día 35 hubo un aumento del 25.49% respecto al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 8.85% con relación al día 35. Asimismo, en el día 43, se nota un incremento de materia seca del 6.4% respecto al día 39.

Figura 11

*Materia seca de hojas en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a cinco tiempos de evaluación.*



Carrillo et al. (2005) evaluaron la aplicación de urea y sacarosa de manera sola y conjunta a fresa en vivero, obteniendo mejores resultados con la aplicación de (2% de urea + 8% de sacarosa) incrementando la materia seca de hojas, sin embargo, al utilizar sacarosa a una concentración del 8% (233 mM) p/v, tuvo como resultado que a los 225 días después del trasplante al vivero la materia seca de hojas presentó un 37.03% mayor con respecto al tratamiento testigo, resultados que concuerdan con los obtenidos en nuestra investigación, donde indican que la adición de sacarosa en diferentes dosificaciones ayuda a tener un mejor peso de materia seca de hojas.

Por otro lado, en el estudio realizado por Muñoz (2009) donde evaluó la aplicación foliar de sacarosa en el cultivo de Cranberry durante cinco periodos consecutivos de 14 días cada uno, obteniendo como resultados que al adicionar sacarosa al 10% (292 mM) p/v, no presentaron diferencias significativas en cada periodo estudiado.

4.8 Materia seca de tallo

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 13), se puede observar que existe interacción entre los tratamientos y los días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 13

Análisis de varianza evaluados para la variable materia seca del tallo días después de la siembra.

Fuente Variación	de	Grados de Libertad F. V	de	Grados de Libertad Error	de	Valor F	Valor p
Tratamiento	3			938		1.89	0.1303
DDS	4			938		770.99	<0.0001
Tratamiento:DDS	12			938		14.70	<0.0001

La Figura 12 muestra que al día 27 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca de tallo fue el tratamiento 0 mM, con un promedio de 9.67 mg, el cual supera a los tratamientos 1 mM (12.41%), 10 mM (7.97%) y 100 mM (13.14%), respectivamente. Por otra parte, los tratamientos 1 mM, 10 mM y 100 mM son similares entre sí, con un promedio de materia seca de tallo de 8.59 mg.

En el día 31 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca de tallo fue el tratamiento 0 mM, con un promedio de 16.12 mg, el cual supera a los tratamientos 1 mM (6.02%), 10 mM (2.42%) y 100 mM (10.67%), respectivamente. Así mismo, el tratamiento 10 mM superó a los tratamientos 1 mM (3.69%) y 100 mM (8.63%), respectivamente. El tratamiento 1 mM superó al tratamiento 100 mM (4.96%), aunque estos se diferencian del tratamiento 100 mM que tiene un promedio de materia seca de tallo de 14.40 mg.

Al día 35 después de la siembra, el tratamiento con mayor contenido de materia seca de tallo fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 27 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (21.15%), 1 mM (7.38%) y 10 mM (19.3%), respectivamente. Además, el tratamiento 1 mM superó a los tratamientos 0 mM (14.88%) y 10 mM (12.88%), respectivamente. Los tratamientos 10 mM y 0 mM no muestran diferencias significativas, con un promedio de materia seca de tallo de 21.54 mg.

Al día 39 después de la siembra, el tratamiento con mayor contenido de materia seca de tallo fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 33.46 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (37.18%), 1 mM (20.12%) y 10 mM (15.55%), respectivamente. Por otro lado, los tratamientos 10 mM y 1 mM son similares entre sí, con un promedio de 27.49 mg; sin embargo,

estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de materia seca de tallo de 21.02 mg.

A su vez, en el día 43 después de la siembra, el tratamiento con mayor contenido de materia seca de tallo fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 35.71 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (34.25%), 1 mM (10.98%) y 10 mM (16.47%), respectivamente. Del mismo modo, los tratamientos 1 mM y 10 mM no muestran diferencias significativas, con un promedio de 30.81 mg. Además, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de materia seca de tallo de 23.48 mg.

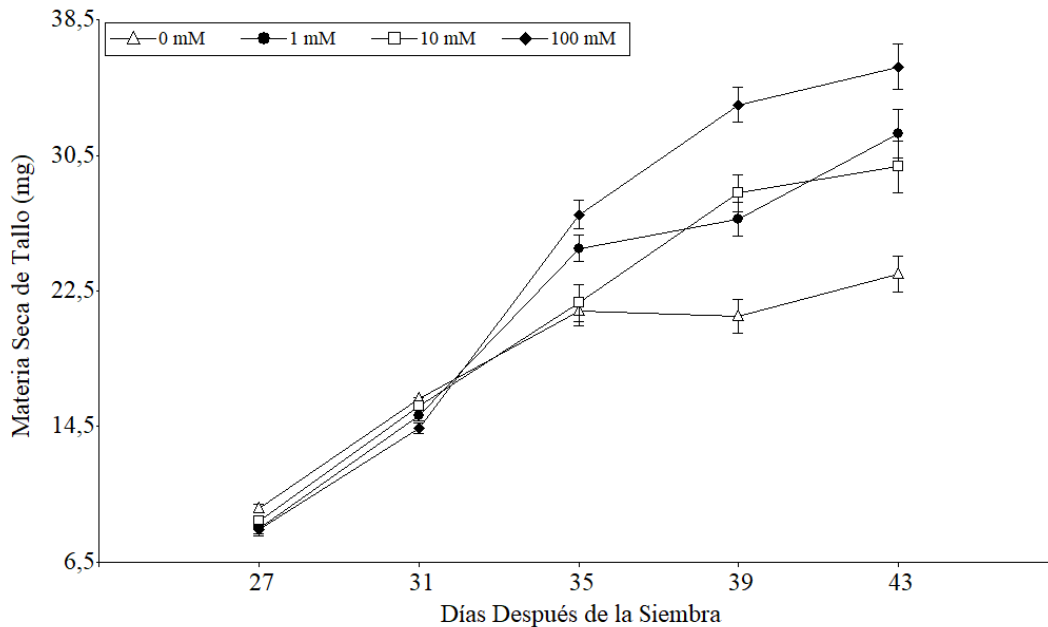
Además, se puede observar que la materia seca del tallo aumentó a lo largo del tiempo para todos los tratamientos. El tratamiento 0 mM, al día 27 muestra una materia seca promedio de 9.67 mg, para el día 31 existe un aumento del 40.02% con respecto al día 27. Además, en los días 35 y 39 mantiene un promedio de 21.15 mg, sin embargo, existe un aumento del 23.79% con respecto al día 31. En el día 43, este tratamiento presenta un incremento del 9.93% respecto a los días 35 y 39.

El tratamiento 1 mM, al día 27 muestra una materia seca promedio de 8.47 mg, para el día 31 existe un aumento del 44.1% con respecto al día 27. Asimismo, para el día 35 hubo un aumento del 39.43% con respecto al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 6.44% con relación al día 35. Además, en el día 43, se nota un incremento de materia seca del tallo del 15.92% respecto al día 39.

Para el tratamiento 10 mM, al día 27 después de la siembra obtiene una materia seca promedio de 8.90 mg, para el día 31 existe un aumento del 43.43% con respecto al día 27. Además, para el día 35 hubo un aumento del 27.82% con relación al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 22.9% con respecto al día 35. Asimismo, para el día 43 hubo un incremento del 5.27% respecto al día 39. Finalmente, el tratamiento 100 mM, mantiene un promedio de materia seca de 8.40 mg durante el día 27 después de la siembra. Al día 31 se nota un incremento de materia seca del 41.67% con relación al día 27. Además, en el día 35 hubo un aumento del 46.67% respecto al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 19.31% con relación al día 35. Asimismo, en el día 43, se nota un incremento de materia seca del 6.31% respecto al día 39.

Figura 12

*Materia seca del tallo en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a cinco tiempos de evaluación.*



Carrillo et al. (2005) evaluaron la aplicación de urea y sacarosa de manera sola y conjunta a fresa en vivero, obtuvieron mejores resultados con la aplicación de (1% de urea sin sacarosa) y (2% de urea + 8% de sacarosa) incrementando la materia seca del tallo, sin embargo, al utilizar solo sacarosa a una concentración del 8% (233 mM) p/v, tuvo como resultado que a los 225 días después del trasplante al vivero la materia seca del tallo presentó un 26.27% mayor respecto al tratamiento testigo, resultados que concuerdan con los obtenidos en nuestra investigación, donde indican que la adición de solo sacarosa en diferentes dosificaciones ayuda a tener un mejor peso de materia seca del tallo.

Por otro lado, en el estudio de Muñoz (2009) donde evaluó la aplicación foliar de sacarosa en el cultivo de Cranberry durante cinco periodos consecutivos de 14 días cada uno, obteniendo como resultados que al adicionar sacarosa al 10% (292 mM) p/v, no presentaron diferencias significativas en cada periodo estudiado.

4.9 Materia seca de raíz

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 14), se puede observar que los tratamientos tienen influencia sobre la variable materia seca de raíz a los 43 días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 14

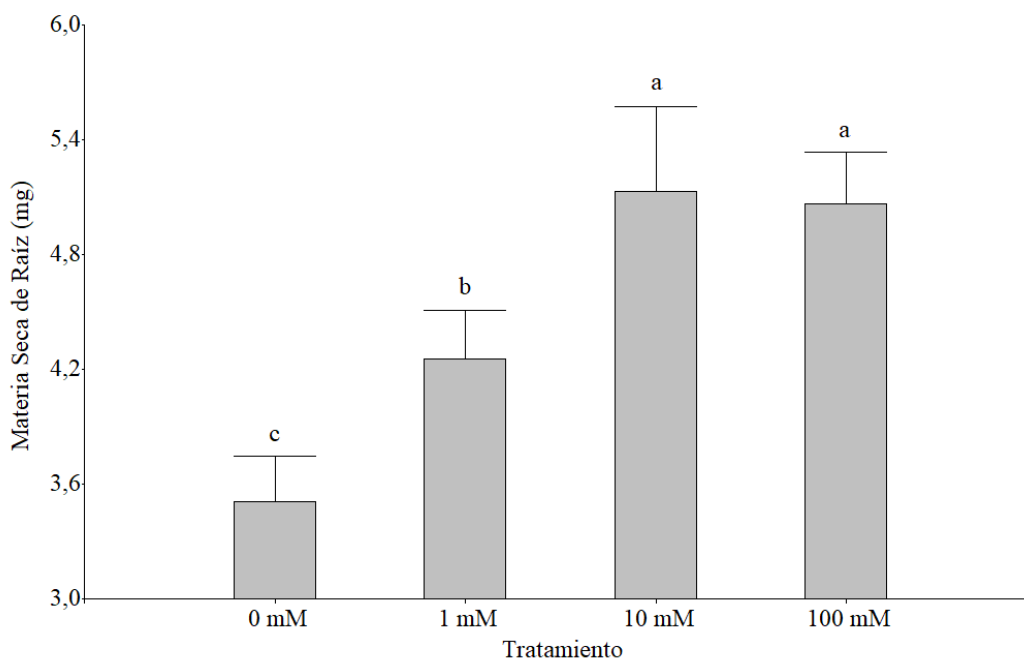
Análisis de varianza de tratamientos evaluados para la variable materia seca de raíz.

Fuente de Variación	de Grados de Libertad F. V	de Grados de Libertad Error	de Valor F	Valor p
Tratamiento	3	186	13.01	<0.0001

En la Figura 13 se observa que los tratamientos con más materia seca de raíz fueron los tratamientos 10 mM y 100 mM, con un promedio de 5.09 mg, los cuales superan a los tratamientos 0 mM (45.01%) y 1 mM (19.76%), respectivamente. El tratamiento 1 mM superó al tratamiento 0 mM (21.08%). Con estos resultados se puede mencionar que, al utilizar concentraciones más altas de sacarosa en las plántulas, promueven raíces más largas que a su vez genera una mayor cantidad de materia seca de raíz.

Figura 13

*Materia seca de raíz en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a los 43 días después de la siembra.*



Los datos mencionados en esta investigación muestran que al utilizar mayor contenido de sacarosa 10 y 100 mM favorecen en la materia seca de la raíz, tal como lo muestra en su estudio Carrillo et al. (2005) donde evaluaron la aplicación de urea y sacarosa de manera sola y conjunta

a fresa en vivero, obteniendo mejor resultado con la aplicación de solo sacarosa 8% (233 mM) p/v, incrementando la materia seca de raíz en un 25.97% con respecto al tratamiento testigo.

Por otro lado, en el estudio de Muñoz (2009) donde evaluó la aplicación foliar de sacarosa en el cultivo de Cranberry durante cinco periodos consecutivos de 14 días cada uno, obteniendo como resultados que al adicionar sacarosa al 10% (292 mM) p/v, no presentaron diferencias significativas en cada periodo estudiado.

4.10 Materia seca total

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 15), se puede observar que existe interacción entre los tratamientos y los días después de la siembra ($p < 0.0001$).

Tabla 15

Análisis de varianza evaluados para la variable materia seca total días después de la siembra.

Fuente de Variación	de Grados de Libertad F. V	de Grados de Libertad Error	de Valor F	Valor p
Tratamiento	3	938	1.70	0.1664
DDS	4	938	644.42	<0.0001
Tratamiento:DDS	12	938	14.50	<0.0001

La Figura 14 muestra que al día 27 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca total fue el tratamiento 0 mM, con un promedio de 34.96 mg, el cual supera a los tratamientos 1 mM (15.48%), 10 mM (6.13%) y 100 mM (11.82%), respectivamente. Por otra parte, el tratamiento 10 mM superó a los tratamientos 1 mM (9.97%) y 100 mM (6.07%). Además, los tratamientos 100 mM y 1 mM son similares entre sí, con un promedio de 30.19 mg.

Al día 31 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca total fue el tratamiento 0 mM, con un promedio de 52.18 mg, el cual supera a los tratamientos 1 mM (5.64%), 10 mM (4.93%) y 100 mM (9.36%), respectivamente. Así mismo, los tratamientos 10 mM y 1 mM son similares entre sí, con una materia seca promedio de 49.42 mg. El tratamiento de 10 mM superó al tratamiento de 100 mM (4.66%). Adicionalmente, los tratamientos 100 mM y 1 mM no muestran diferencias significativas, con una materia seca promedio de 48.27 mg.

En el día 35 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca total fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 71.28 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (21.34%), 1 mM (7.26%) y 10 mM (19.77%), respectivamente. Por otra parte, el tratamiento 1 mM superó a los tratamientos 10 mM (13.5%) y 0 mM (15.19%), respectivamente. Los tratamientos 10 mM y 0 mM son similares entre sí, con un promedio de 56.63 mg.

Al día 39 después de la siembra, el tratamiento con más contenido de materia seca total fue el tratamiento 100 mM, con un promedio de 81.68 mg, el cual supera a los tratamientos 0 mM (28.59%), 1 mM (13.45%) y 10 mM (11.68%), respectivamente. Por otro lado, los tratamientos 10 mM y 1 mM no muestran diferencias significativas, con una materia seca promedio de 71.42 mg; sin embargo, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de 58.33 mg.

A su vez, en el día 43 después de la siembra, el contenido de materia seca total de los tratamientos 100 mM y 1 mM son similares entre sí, con una materia seca promedio de 85.30 mg. Además, el tratamiento 100 mM superó a los tratamientos 10 mM (9.43%) y 0 mM (29.51%), respectivamente. Los tratamientos 10 mM y 1 mM son similares entre sí, con un promedio de 81.18 mg. El tratamiento 10 mM superó al tratamiento 0 mM (22.18%); sin embargo, estos se diferencian del tratamiento 0 mM que tiene un promedio de 61.68 mg.

Además, se puede observar que la materia seca total aumentó a lo largo del tiempo para todos los tratamientos. El tratamiento 0 mM, al día 27 muestra una materia seca promedio de 34.96 mg, para el día 31 existe un aumento del 33.01% con respecto al día 27. Además, para el día 35 existe un aumento del 6.94% con respecto al día 31. En el día 39 de igual forma existe un aumento del 3.88% con relación al día 35. Asimismo, en el día 43 hubo un aumento del 5.44% con respecto al día 39.

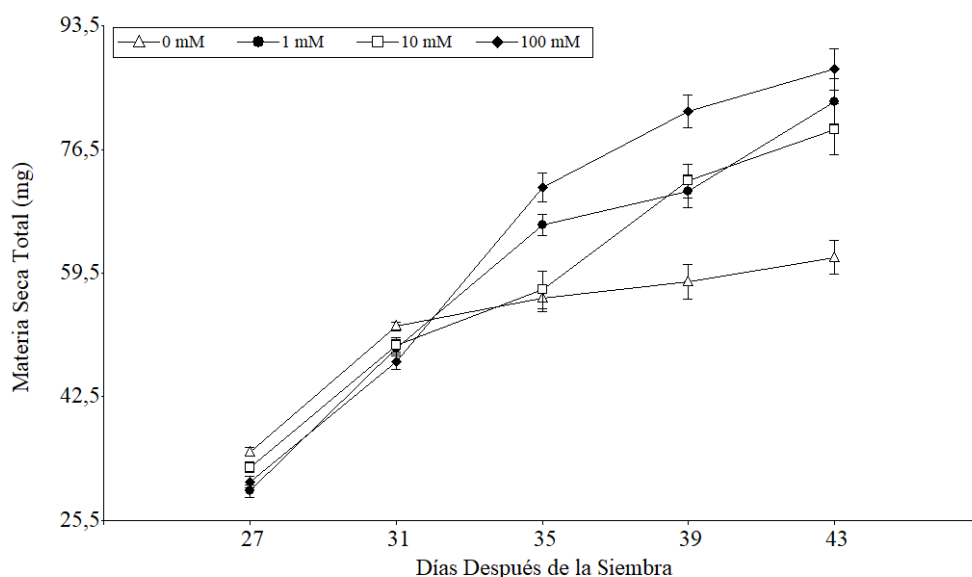
El tratamiento 1 mM, al día 27 muestra una materia seca promedio de 29.55 mg, para el día 31 existe un aumento del 39.99% con respecto al día 27. Asimismo, para el día 35 hubo un aumento del 25.5% con respecto al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 6.5% con relación al día 35. Además, en el día 43, se nota un incremento de materia seca del tallo del 14.94% respecto al día 39.

Para el tratamiento 10 mM, al día 27 después de la siembra obtiene una materia seca promedio de 32.82 mg, para el día 31 existe un aumento del 33.85% con respecto al día 27. Además, para el día 35 hubo un aumento del 13.26% con relación al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 20.73% con respecto al día 35. Asimismo, para el día 43 hubo un

incremento del 8.98% respecto al día 39. Finalmente, el tratamiento 100 mM, mantiene un promedio de materia seca de 30.83 mg durante el día 27 después de la siembra. Al día 31 se nota un incremento de materia seca del 34.83% con relación al día 27. Además, en el día 35 hubo un aumento del 33.65% respecto al día 31. En el día 39, este tratamiento presenta un incremento del 12.74% con relación al día 35. Asimismo, en el día 43, se nota un incremento de materia seca del 6.66% con respecto al día 39.

Figura 14

*Materia seca total en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivadas bajo diferentes aplicaciones de sacarosa. Los resultados corresponden a cinco tiempos de evaluación.*



Carrillo et al. (2005) donde evaluaron la aplicación de urea y sacarosa de manera sola y conjunta a fresa en vivero, obtuvieron mejores resultados con la aplicación de sacarosa (2% de urea + 8% de sacarosa) incrementando la materia seca, sin embargo, al utilizar solo sacarosa a una concentración del 8% (233 mM) p/v, presento buenos resultados en la materia seca, superando al tratamiento testigo en un 35.53%, resultados que concuerdan con la presente investigación que al adicionar sacarosa mostraron efectos positivos en la acumulación de materias seca total de la planta.

Además, el estudio realizado por Espinoza et al. (2016) evaluaron el efecto de la aplicación de KNO_3 y sacarosa en plantas de cebolla bajo condiciones de campo y durante la fase de bulbificación, obteniendo como resultados que el tratamiento 1% de KNO_3 + 0.5% (14.6 mM) de sacarosa presentó un 12.5% mayor de materia seca total respecto al tratamiento testigo a los

62 días después del trasplante. El autor menciona la acumulación de materia seca en los bulbos presenta un incremento al aplicar KNO_3 , ya que se promueve una mayor movilización de fotosintatos, debido a que el potasio cumple una función fundamental en el metabolismo de los carbohidratos y la fotosíntesis.

Finalmente, se puede afirmar que aplicaciones de sacarosa, pueden compensar los efectos negativos en el crecimiento de plántulas de tomate, causados por escasa luminosidad y altas densidades de siembra, generalmente observadas en viveros. Este aumento en la biomasa se puede asociar con el incremento en el área foliar, ya que un mayor tamaño de las hojas permite una mayor superficie para la fotosíntesis. A su vez, se ha observado que la sacarosa puede contribuir a una mayor concentración de clorofila en las hojas, lo que potencia la capacidad fotosintética de las plántulas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La aplicación foliar en distintas concentraciones de sacarosa (1, 10 y 100 mM) afectaron positivamente en la acumulación de materia seca en órganos individuales (raíz, tallo y hojas), lo que apoyó consistentemente una mayor materia seca total de la plántula.
- Las plántulas presentaron un aumento significativo en el grosor del tallo y en la longitud total con aplicaciones de 1 y 100 mM. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la longitud de la raíz y el hipocótilo. Además, la aplicación de sacarosa incrementó la concentración de clorofila y el área foliar de las plántulas en relación con el testigo. La sacarosa tiene un efecto positivo sobre las características morfológicas de las plántulas, especialmente en aquellas tratadas con una concentración de 100 mM.

5.2 Recomendaciones

- Realizar investigaciones con aplicaciones mayores a las estudiadas, debido a que se obtuvieron efectos positivos con la concentración más alta de sacarosa en las plántulas de tomate riñón evaluadas en la investigación.
- Desarrollar estudios con aplicaciones foliares de sacarosa en condiciones de campo, ya que es posible que los efectos observados en las plántulas puedan cambiar cuando las plantas crezcan en condiciones naturales, donde factores como el clima, la competencia por nutrientes y el acceso al agua también influyen en su desarrollo.

REFERENCIAS

- AAIC, A. d. (2003). *El cultivo de tomate riñón en invernadero (Lycopersicon esculentum)*. Quito: Abya-Yala.
- Alaska S.A. (Junio de 2019). *IMPORTADORA ALASKA S.A.* Obtenido de IMPORTADORA ALASKA S.A.: https://www.imporalaska.com/uploads/products/2019/06/ficha_1561387659_1561387720.pdf
- Alvim, P. d. (2005). Net assimilation rate and growth behavior of beans as affected by gibberellic acid urea and sugar sprays. *Plant Physiology*, 4.
- Barrera, J. M. (2015). *EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN FOLIAR COMPLEMENTARIA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE RIÑÓN (Solanum lycopersicum) L. var. Sheila BAJO INVERNADERO, 2015*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Bello, M. (09 de Enero de 2023). *Culmen* . Obtenido de Culmen: <https://culmen.mx/la-importancia-de-la-fotosintesis/>
- Carrillo et al. (2005). APLICACIÓN FOLIAR DE UREA Y SACAROSA Y SU EFECTO EN EL ACONDICIONAMIENTO DE PLANTA DE VIVERO Y PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria×ananassa Duch.*) ‘CP 99-3A’. *AGROCIENCIA*, 10.
- Cultifort. (28 de Julio de 2023). *Cultifort*. Obtenido de Cultifort: <https://www.cultifort.com/efecto-azucares-reductores-formulados-cultifort-plantas/#:~:text=Los%20az%C3%BAcares%20facilitan%20la%20asimilaci%C3%B3n,del%20tallo%20y%20la%20ra%C3%ADz>.
- Escobar, F. (13 de Julio de 2024). Obtenido de El Sol de la Laguna: <https://oem.com.mx/elsoldelalaguna/tendencias/agua-con-azucar-para-plantas-beneficios-preparacion-y-uso-correcto-13228142>
- Espinoza et al., M. B. (2016). Effect of potassium nitrate and sucrose on the yield of onion (*Allium cepa L.*) plants. *REVISTA TEMAS AGRARIOS*, 11.
- Esquivel et al., A. A. (2007). CONSERVACIÓN IN VITRO DE CHAYOTE (*Sechium edule*). *redalyc.org*, 10.
- Geelen, P. (2019). EMPODERAR LAS PLANTAS: Balance de asimilados. *Plant Empowerment*, 5.
- Gómez, M. A. (2021). Caracterización estática del comportamiento agroeconómico del tomate riñón producido en invernadero. *Alfa Publicaciones*, 393–405.

- González, J. A. (2019). *Fructosa-1,6-bisfosfatasa cloroplastídica y citosólica Importancia en la síntesis y distribución de carbohidratos en plantas*. España: Universidad de Granada.
- Guzmán, M. G. (2007). LA SACAROSA: EL DULCE DE LAS PLANTAS. *Sabermás*, 6.
- Hernández et al. (2022). El papel de los azúcares como moléculas de señalización en las plantas. *TIP Rev.Esp.Cienc.Quím.Biol.*, 20.
- INEC. (2023). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas>
- Leivar, E. M. (2014). PIFs: Systems Integrators in Plant Development. *The Plant Cell*, 56-78.
- Llerena et al. (2018). INFLUENCIA DE LOS HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA), ABONOS ORGÁNICOS Y SACAROSA EN EL CULTIVO DEL FRÍJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L*). *Universidad Agraria de La Habana, Cuba.*, 8.
- López et al. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *IDESIA*, 7.
- Marín, L. M. (2016). *MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE*. Costa Rica: Comité Editorial del INTA.
- Marschner, H. (2011). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. UK: Elsevier.
- Mendoza et al., O. C. (2005). APLICACIÓN FOLIAR DE UREA Y SACAROSA Y SU EFECTO EN EL ACONDICIONAMIENTO DE PLANTA DE VIVERO Y PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria×ananassa Duch.*) ‘CP 99-3A’. *redalyc.org*, 11.
- Monge, J. (2019). Pimiento (*Capsicum annum*) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables. *Revista Posgrado y Sociedad*, 33-60.
- Muñoz, R. A. (2009). *Efecto de la aplicación de sacarosa y del sombreamiento sobre el cuajado y el rendimiento del Cranberry (Vaccinium macrocarpon) variedad Stevens*. Santiago-Chile: Universidad de Chile.
- Napoleón et al. (2005). *Guía Técnica de Semilleros y Viveros Frutales*. El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Olarte et al. (2021). Efecto de los abonos tradicionales, industriales y soluciones de sacarosa en la germinación y desarrollo de *Erythrina edulis*. *Ingeciencia*, 74-90.
- Olayemi et al. (2021). Utilización de sacarosa para mejorar el rendimiento de los cultivos: un artículo de revisión. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares* , 22(9):4704.

- Olivera et al. (2000). CULTIVO IN VITRO DE GERBERA (*Gerbera jamesonii* H. Bolus) Y SU ACLIMATACIÓN EN INVERNADERO . *Bioagro*, 7.
- Peralta, I. P. (2017). Influencia de tres bioestimulantes orgánicos en la tolerancia al estrés hídrico de plántulas de *Nicotiana tabacum* en invernadero, UCATSE 2016-2017. *Universidad Católica del Trópico Seco*, 58.
- Pérez, E. (2009). *Fotosíntesis: Aspectos Básicos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Pilco, M. A. (2018). *ESTUDIO DE LA ADAPTACIÓN Y RENDIMIENTO DE 10 VARIEDADES DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO INVERNADERO, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. Riobamba-Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Proain. (08 de Septiembre de 2020). *Proain Tecnología Agrícola* . Obtenido de Proain Tecnología Agrícola : https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/condiciones-ambientales-optimas-para-el-cultivo-de-tomate-en-invernadero?srsltid=AfmBOoo2OU2ydvq9UEs_u98QZYtU8IUyPxcdUWO-liDKjyfAFSXLjwyt
- Quiñones, J. R. (2015). *Manuel de diseño y organización de viveros*. Santo Domingo, República Dominicana : CLUSVIDOM.
- Rivera et al. (2005). Efecto del sombreado en vivero en el crecimiento y mortalidad de plántulas. *Colombia Forestal*, 18.
- Rivero et al. (2005). Efecto de la aplicación de AIA y sacarosa en el enraizamiento in vitro de las variedades Sonate y Lambada de *Anthurium andraeanum* Lind. *Biotecnología Vegetal*, 6.
- Rodríguez, A. (2009). Factores por los que se puede entablar competencia entre plantas de igual o distinta especie. *Ciencias y Cosas*, 5.
- Romano et al., A. C. (1995). Papel de los hidratos de carbono en la micropropagación del alcornoque. *Springer*, 159–167.
- Ruiz, Á. M. (2007). *PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TOMATE RIÑÓN EN LA PROVINCIA DE IMBABURA*. Quito: Biblioteca IAEN.
- Serrano, J. (2017). Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, semillas y fomento de Agricultura. *Constitución de la República*, 22.
- Sevilla. (2021). Obtenido de <https://sem-aytodesevilla.es/wp-content/uploads/2021/06/02-AYUDANTE-JARDINERO-TEMARIOS.pdf>

- Silva et al. (2015). *Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Stewart et al. (2011). Los genes PIF median el efecto de la sacarosa en la dinámica de crecimiento de las plántulas. *PLOS one*, 8.
- Toledo, A. E. (2021). *Evaluación fenológica y productiva de tres variedades de tomate de mesa (Solanum lycopersicum L.) bajo invernadero en loma larga, provincia del Azuay*. Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Tomalá, J. M. (2017). *EFEECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE MANÍ (Arachis hypogaea L.) EN MANGLARALTO SANTA ELENA*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Valdés, Y. B. (2018). Importance of light quality among weed-crop plants. *INCA*, 8.
- Vargas, C. R. (2011). *Evaluación del crecimiento y productividad del tomate (Lycopersicon esculentum Mill) bajo cultivo protegido en tres localidades de Costa Rica*. Costa Rica: Tecnología en marcha.
- Vásquez et al., C. Y. (1997). *La reproducción de las plantas: Semillas y Meristemos*. Mexico.
- Westerveld et al. (2004). Assessment of Chlorophyll and nitrate meters as Field Tissue Nitrogen Test for Cabbage, Onions and Carrots. *HorTechnology*, 10.
- Yumar et al., J. M. (2010). *Efectos del Fitomas - E en el cultivo de cebolla*. La Habana, Cuba: redalyc.org.
- Zhang et al. (2022). Sucrose treatment delays senescence and maintains the postharvest quality of baby mustard (*Brassica juncea* var. *gemmifera*). *Food Chemistry*, 10.

ANEXOS

Anexo 1. Adecuación del área de estudio.



Anexo 2. Esterilización del sustrato (arena de río).



Anexo 3. Colocación de mesas y bandejas de germinación.



Anexo 4. Colocación de sustrato y siembra de semillas de tomate riñón.



Anexo 5. Riego de bandejas de germinación y tapado con plástico.



Anexo 6. Implementación del sistema de microaspersión.



Anexo 7. Realización de la solución nutritiva y aplicación en las plántulas de tomate riñón.



Anexo 8. Abertura y cerrado de cortinas del vivero.



Anexo 9. Pesaje de las distintas dosificaciones de sacarosa.



Anexo 10. Aplicación de sacarosa en las plántulas de tomate riñón en los diferentes tratamientos.

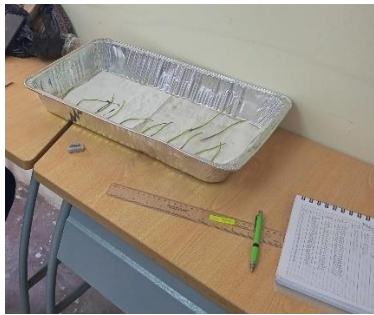


Anexo 11. Etiquetado en bolsas de papel de los diferentes tratamientos.



Anexo 12. Toma de datos de las diferentes variables a los 27, 31, 35, 39 y 43 días después de la siembra.





Anexo 13. Tablas de medias y errores estándar de grosor de tallo.

Tratamiento	Medias	E.E.	
S 100 mM	2.18	0.05	A
S 1 mM	2.09	0.05	B
S 10 mM	2.01	0.05	C
S 0 mM	1.99	0.05	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	GT (mm)	1.99	0.02
S 1 mM	GT (mm)	2.09	0.02
S 10 mM	GT (mm)	2.01	0.03
S 100 mM	GT (mm)	2.18	0.02

Anexo 14. Tablas de medias y errores estándar de longitud de raíz.

Tratamiento	Medias	E.E.	
S 1 mM	5.96	0.64	A
S 100 mM	5.67	0.59	B
S 10 mM	5.45	0.61	B
S 0 mM	5.12	0.60	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	LR (cm)	5.12	0.23
S 1 mM	LR (cm)	5.96	0.25
S 10 mM	LR (cm)	5.45	0.30
S 100 mM	LR (cm)	5.67	0.24

Anexo 15. Tablas de medias y errores estándar de la longitud del hipocótilo.

Tratamiento	Medias	E.E.	
S 100 mM	5.28	0.19	A
S 1 mM	5.19	0.19	B
S 10 mM	5.11	0.19	B
S 0 mM	5.03	0.19	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	LHip (cm)	5.03	0.07
S 1 mM	LHip (cm)	5.19	0.10
S 10 mM	LHip (cm)	5.11	0.07
S 100 mM	LHip (cm)	5.28	0.07

Anexo 16. Tablas de medias y errores estándar de longitud total.

Tratamiento	Medias	E.E.	
S 100 mM	12.13	0.38	A
S 1 mM	11.16	0.38	B
S 10 mM	10.38	0.38	C
S 0 mM	9.89	0.37	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	LTtotal (cm)	9.88	0.24
S 1 mM	LTtotal (cm)	11.16	0.31
S 10 mM	LTtotal (cm)	10.38	0.26
S 100 mM	LTtotal (cm)	12.13	0.26

Anexo 17. Tablas de medias y errores estándar de área foliar.

Tratamiento	Medias	E.E.	
S 100 mM	19.32	1.48	A
S 1 mM	18.09	1.57	A B
S 10 mM	17.32	1.57	B
S 0 mM	13.96	1.48	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	AF (cm ²)	13.96	0.57
S 1 mM	AF (cm ²)	18.09	0.57
S 10 mM	AF (cm ²)	17.32	0.77
S 100 mM	AF (cm ²)	19.32	0.55

Anexo 18. Tablas de medias y errores estándar de clorofila.

Tratamiento	Medias	E.E.	
S 10 mM	172.38	4.03	A
S 1 mM	168.84	4.00	A
S 100 mM	165.93	4.00	A B
S 0 mM	157.93	4.00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	Clfla (?mol/m ²)	158.01	3.14
S 1 mM	Clfla (?mol/m ²)	168.84	3.47
S 10 mM	Clfla (?mol/m ²)	172.33	4.23

S 100 mM Clfla (?mol/m²) 165.93 3.61

Anexo 19. Tablas de medias y errores estándar de materia seca de hojas.

Tratamiento	DDS	Medias	E.E.										
S 1 mM	43	47.06	1.72	A									
S 100 mM	43	46.73	1.72	A									
S 10 mM	43	44.29	1.72	A									
S 100 mM	39	43.74	1.36	A									
S 100 mM	35	39.87	1.18		B								
S 1 mM	39	39.35	1.36		B	C							
S 10 mM	39	39.31	1.36		B	C							
S 1 mM	35	36.91	1.18			C	D						
S 0 mM	43	34.69	1.72				D	E					
S 0 mM	39	33.26	1.36					E					
S 0 mM	31	32.49	1.00					E	F				
S 10 mM	35	32.07	1.18					E	F	G			
S 0 mM	35	31.45	1.18					E	F	G			
S 1 mM	31	30.26	1.00						F	G			
S 10 mM	31	29.85	1.00							G			
S 100 mM	31	29.71	1.00							G			
S 0 mM	27	22.01	0.74								H		
S 10 mM	27	20.98	0.74								H	I	
S 100 mM	27	19.90	0.74									I	J
S 1 mM	27	18.94	0.74										J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

DDS	Tratamiento	Variable	Media	E.E.
27	S 0 mM	MsH (mg)	22.01	0.42
27	S 1 mM	MsH (mg)	18.94	0.59
27	S 10 mM	MsH (mg)	20.98	0.47
27	S 100 mM	MsH (mg)	19.90	0.58
31	S 0 mM	MsH (mg)	32.49	0.45
31	S 1 mM	MsH (mg)	30.26	1.04
31	S 10 mM	MsH (mg)	29.85	0.90
31	S 100 mM	MsH (mg)	29.71	0.78
35	S 0 mM	MsH (mg)	31.45	0.92
35	S 1 mM	MsH (mg)	36.91	0.71
35	S 10 mM	MsH (mg)	32.07	1.50
35	S 100 mM	MsH (mg)	39.87	1.10
39	S 0 mM	MsH (mg)	33.26	1.27
39	S 1 mM	MsH (mg)	39.35	1.35
39	S 10 mM	MsH (mg)	39.31	1.21
39	S 100 mM	MsH (mg)	43.74	1.22
43	S 0 mM	MsH (mg)	34.69	1.27
43	S 1 mM	MsH (mg)	47.06	1.70
43	S 10 mM	MsH (mg)	44.29	2.05
43	S 100 mM	MsH (mg)	46.73	1.45

Anexo 20. Tablas de medias y errores estándar de materia seca de tallo.

Tratamiento	DDS	Medias	E.E.															
S 100 mM	43	35.71	1.35	A														
S 100 mM	39	33.46	1.03	A	B													
S 1 mM	43	31.79	1.35		B	C												
S 10 mM	43	29.83	1.35			C	D											
S 10 mM	39	28.26	1.03				D											
S 100 mM	35	27.00	0.89				D	E										
S 1 mM	39	26.73	1.03				D	E	F									
S 1 mM	35	25.01	0.89					E	F									
S 0 mM	43	23.48	1.35						F	G								
S 10 mM	35	21.79	0.89							G								
S 0 mM	35	21.29	0.89							G								
S 0 mM	39	21.02	1.03							G								
S 0 mM	31	16.12	0.26								H							
S 10 mM	31	15.73	0.26								H	I						
S 1 mM	31	15.15	0.26									I						
S 100 mM	31	14.40	0.26										J					
S 0 mM	27	9.67	0.29											K				
S 10 mM	27	8.90	0.29											K	L			
S 1 mM	27	8.47	0.29												L			
S 100 mM	27	8.40	0.29												L			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

DDS	Tratamiento	Variable	Media	E.E.
27	S 0 mM	MsT (mg)	9.67	0.25
27	S 1 mM	MsT (mg)	8.47	0.30
27	S 10 mM	MsT (mg)	8.90	0.28
27	S 100 mM	MsT (mg)	8.40	0.32
31	S 0 mM	MsT (mg)	16.12	0.12
31	S 1 mM	MsT (mg)	15.15	0.30
31	S 10 mM	MsT (mg)	15.73	0.25
31	S 100 mM	MsT (mg)	14.40	0.32
35	S 0 mM	MsT (mg)	21.29	0.83
35	S 1 mM	MsT (mg)	25.01	0.79
35	S 10 mM	MsT (mg)	21.79	1.09
35	S 100 mM	MsT (mg)	27.00	0.83
39	S 0 mM	MsT (mg)	21.02	1.01
39	S 1 mM	MsT (mg)	26.73	0.99
39	S 10 mM	MsT (mg)	28.26	1.10
39	S 100 mM	MsT (mg)	33.46	1.02
43	S 0 mM	MsT (mg)	23.48	1.06
43	S 1 mM	MsT (mg)	31.79	1.42
43	S 10 mM	MsT (mg)	29.83	1.53
43	S 100 mM	MsT (mg)	35.71	1.33

Anexo 21. Tablas de medias y errores estándar de materia seca de raíz.

Tratamiento	Medias	E.E.		
S 10 mM	5.13	0.88	A	
S 100 mM	5.06	0.82	A	
S 1 mM	4.25	0.86	A	B
S 0 mM	3.51	0.82		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
S 0 mM	MsR (mg)	3.51	0.24
S 1 mM	MsR (mg)	4.25	0.25
S 10 mM	MsR (mg)	5.13	0.44
S 100 mM	MsR (mg)	5.06	0.27

Anexo 22. Tablas de medias y errores estándar de materia seca total.

Tratamiento	DDS	Medias	E.E.																		
S 100 mM	43	87.50	3.06	A																	
S 1 mM	43	83.11	3.06	A																	
S 100 mM	39	81.68	2.37	A																	
S 10 mM	43	79.25	3.06	A	B																
S 10 mM	39	72.14	2.37		B	C															
S 100 mM	35	71.28	2.04			C	D														
S 1 mM	39	70.70	2.37			C	D														
S 1 mM	35	66.11	2.04				D	E													
S 0 mM	43	61.68	3.06					E	F												
S 0 mM	39	58.33	2.37						F												
S 10 mM	35	57.19	2.04						F												
S 0 mM	35	56.07	2.04						F	G											
S 0 mM	31	52.18	1.16							G	H										
S 10 mM	31	49.61	1.16								H	I									
S 1 mM	31	49.24	1.16									I									
S 100 mM	31	47.30	1.16										I								
S 0 mM	27	34.96	0.93											J							
S 10 mM	27	32.82	0.93																	K	
S 100 mM	27	30.82	0.93																	K	L
S 1 mM	27	29.55	0.93																		L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

DDS	Tratamiento	Variable	Media	E.E.
27	S 0 mM	MsTotal (mg)	34.96	0.54
27	S 1 mM	MsTotal (mg)	29.55	0.87
27	S 10 mM	MsTotal (mg)	32.82	0.74
27	S 100 mM	MsTotal (mg)	30.83	0.82
31	S 0 mM	MsTotal (mg)	52.18	0.58
31	S 1 mM	MsTotal (mg)	49.24	1.17
31	S 10 mM	MsTotal (mg)	49.61	1.02

31	S 100 mM	MsTotal (mg)	47.30	1.04
35	S 0 mM	MsTotal (mg)	56.07	1.83
35	S 1 mM	MsTotal (mg)	66.11	1.47
35	S 10 mM	MsTotal (mg)	57.19	2.61
35	S 100 mM	MsTotal (mg)	71.28	1.93
39	S 0 mM	MsTotal (mg)	58.33	2.37
39	S 1 mM	MsTotal (mg)	70.70	2.23
39	S 10 mM	MsTotal (mg)	72.14	2.37
39	S 100 mM	MsTotal (mg)	81.68	2.26
43	S 0 mM	MsTotal (mg)	61.68	2.34
43	S 1 mM	MsTotal (mg)	83.11	3.17
43	S 10 mM	MsTotal (mg)	79.25	3.53
43	S 100 mM	MsTotal (mg)	87.50	2.88

Anexo 23. Tabla de temperatura y humedad relativa diaria durante la investigación.

Fecha	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Humedad máxima %	Humedad mínima %
11/08/2023	23.4	12.9	80	31
12/08/2023	34.2	12.3	81	24
13/08/2023	26.4	13.3	84	34
14/08/2023	28.9	13.3	84	34
15/08/2023	33.6	16.5	86	23
16/08/2023	29.2	12.5	85	35
17/08/2023	33.3	12.5	84	26
18/08/2023	33.2	11.7	84	25
19/08/2023	35.1	15.6	83	25
20/08/2023	35.2	15.5	85	26
21/08/2023	32.2	16.1	87	34
22/08/2023	33.1	16.6	87	36
23/08/2023	28.5	12.7	86	47
24/08/2023	30.2	12.7	86	26
25/08/2023	29	11.7	82	28

26/08/2023	31.8	10.5	86	27
27/08/2023	35.5	11	82	21
28/08/2023	33.8	13.3	80	21
29/08/2023	33.4	14.2	81	25
30/08/2023	33.4	10.1	81	23
31/08/2023	36.3	12	81	21
1/09/2023	33.1	11.1	82	25
2/09/2023	34.2	12.1	80	23
3/09/2023	35	14	82	20
4/09/2023	32	14.4	84	29
5/09/2023	30.8	15.1	83	29
6/09/2023	30.6	10.8	78	27
7/09/2023	32.6	10	78	21
8/09/2023	34.7	10.9	79	21
9/09/2023	35.4	13.4	82	21
10/09/2023	33.5	14.4	81	26
11/09/2023	33.5	14.4	81	26
12/09/2023	34.9	11.5	80	26
13/09/2023	35.9	11.5	80	20
14/09/2023	36.1	14.2	80	21
15/09/2023	32.6	15.7	78	30
16/09/2023	32.4	10.8	78	26
17/09/2023	32.7	9.9	76	22
18/09/2023	34.5	15.4	80	21
19/09/2023	34.5	13.5	80	21

20/09/2023	36.8	12.7	78	25
21/09/2023	31.5	9.9	80	25
22/09/2023	33.6	10.9	78	24
23/09/2023	34.6	12.2	82	22
24/09/2023	37.8	16.1	82	21