UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE SACAROSA EXÓGENA EN LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS (*Citrus limon* (L.) Osbeck) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA”.

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

AUTOR:

Kevin Sebastián Morillo Morillo

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 APLICACIÓN DE SACAROSA EXÓGENA EN LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS (*Citrus limon* (L.) Osbeck) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA".

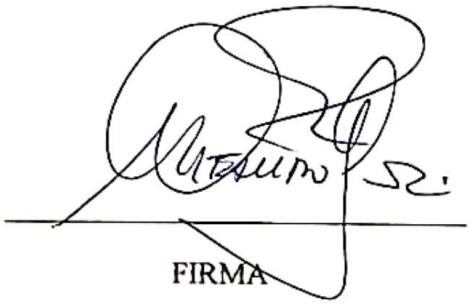
Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Titulo de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

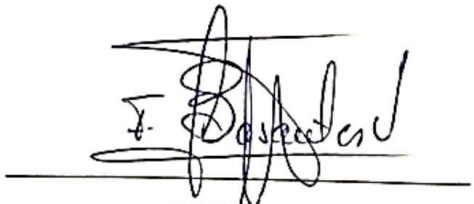
DIRECTOR



FIRMA

Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno, MSc.

ASESOR



FIRMA

Escaneado con CamScanner

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:	0402114623		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Morillo Morillo Kevin Sebastián		
DIRECCIÓN:	Ibarra - Calles Manuel Terán y Luis Felipe Borja		
EMAIL:	ksmorillom1@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062980480	**TELÉFONO MÓVIL:**	0993303194

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE SACAROSA EXÓGENA EN LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS** (*Citrus limon* (L.) Osbeck) **EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA.**
AUTOR:	Morillo Morillo Kevin Sebastián
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	12/02/2025
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /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 12. días del mes de Febrero. de 2025…..

EL AUTOR:

……

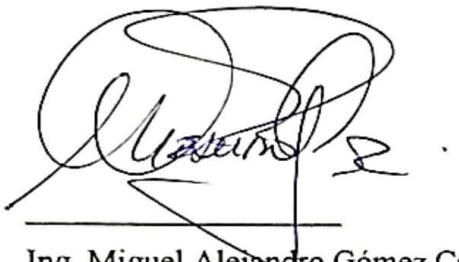
Nombre: Kevin Sebastián Morillo Morillo

Escaneado con CamScanner

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Morillo Morillo Kevin Sebastián, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 12. días del mes de Febrero. de 2025



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

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 12. días del mes de Febrero. de 2025

Kevin Sebastián Morillo Morillo: EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE SACAROSA EXÓGENA EN LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS (*Citrus limon* (L.) Osbeck) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 12. días del mes de Febrero. de 2025 79… páginas.

DIRECTOR: Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la aplicación de sacarosa exógena en la producción de cítricos (*Citrus limon* (L.) Osbeck) en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

Comparar el rendimiento y calidad de frutos obtenidos con la aplicación de sacarosa en relación al manejo convencional y determinar la abundancia de insectos benéficos y plagas en el cultivo de limón bajo los tratamientos en estudio.

……

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

Director de Trabajo de Grado

……

Kevin Sebastián Morillo Morillo

Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, a la carrera Agropecuaria, por los aportes realizados para el desarrollo de la investigación realizada, de igual forma a mi director de tesis Ing. Miguel Gómez, MSc., a mi docente Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, PhD, por su paciencia, esfuerzo, consejos y aportes que fueron de mucha ayuda para la obtención de este gran logro en mi vida, prometo aplicar y compartir los conocimientos adquiridos con compromiso, responsabilidad y ética en servicio de la sociedad.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este gran logró en mi vida a todos y cada uno de quienes fueron parte de este proceso de formación profesional, en primer lugar, a Dios por siempre brindarme las fuerzas necesarias cuando las dificultades se presentaron.

Quiere dedicar esta gran obtención a mis padres (Verónica y Joffre Morillo), a mi hermana (Joselyn Morillo), a mi madrina (Norma Morillo), quienes han sido los pilares más importantes en mi educación quienes me enseñaron a no decaer fácilmente y que nadie apague mis sueños, por último, dedicarle esta etapa cumplida a mi madrina (Lidia) que sé que donde quiera que ella se encuentre estaría tan orgullosa de mi y seguirá cuidando de mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS 8
ÍNDICE DE FIGURAS 11
RESUMEN 13
ABSTRACT 14
CAPÍTULO I 15
INTRODUCCIÓN 15
1.1 Antecedentes 15
1.2 Problema de investigación 17
1.3 Justificación 18
1.4 Objetivos 19
1.4.1 Objetivo general 19
1.4.2 Objetivos específicos 19
CAPÍTULO II 21
MARCO TEÓRICO 21
2.1 Definición e importancia económica del cultivo de limón 21
2.2 Origen y distribución 21
2.3 Descripción taxonómica del cultivo de limón 22
2.4 Requerimientos agroclimáticos del limón 22
2.4.1 Temperatura 22
2.4.2 Precipitación 23
2.4.3 Luminosidad 23
2.4.4 Altitud 23
2.4.5 Suelos, humedad relativa, viento, pH 23
2.5 Manejo y mantenimiento del cultivo 24
2.5.1 Riego 24
2.5.2 Fertilización 24
2.5.3 Manejo cultural 24
2.5.3.1 Poda de formación 24
2.5.3.2 Poda de desarrollo 25
2.5.3.3 Poda de fructificación 25
2.5.3.4 Poda de limpieza 25

2.5.3.5 Poda de renovación 25
2.6 Plagas y enfermedades 25
2.6.1 Tipos de control 25
2.6.1.1 Control biológico y químico 26
2.7 La fotosíntesis y el rol de la sacarosa en las plantas 26
2.8 La sacarosa una molécula de señalización en las plantas 27
2.9 Procesos y factores externos en la adquisición de energía para las plantas 27
2.10 Relación fuentes sumidero 28
2.10.1 El transporte de carbohidratos en la relación fuente-sumidero 28
2.10.2 Ciclo de la relación fuente-sumidero 28
2.10.3 Importancia de la relación fuente-sumidero 29
2.11 Marco legal 29
CAPÍTULO III 30
MARCO METODOLÓGICO 30
3.1 Descripción del área de estudio 30
3.2 Materiales 31
3.3 Métodos 31
3.3.1 Factores en estudio 31
3.3.2 Tratamientos 32
3.3.3 Diseño experimental 32
3.3.4 Características del experimento 33
3.3.5 Análisis estadístico 33
3.3.6 Variables evaluadas 34
3.4 *Manejo del experimento* 38
3.4.1 Selección del sitio 38
3.4.2 Adecuación del sitio 39
3.4.3 Instalación de trampas 40
3.4.4 Preparación de la solución de sacarosa 40
3.4.5 Aplicación de las soluciones 40
3.4.6 Labores culturales 40
3.4.7 Riego 41
CAPÍTULO IV 42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42

4.1. Rendimiento total 42
4.2. Número de frutos total 43
4.3. Rendimiento por categoría 45
4.4. Rendimiento por cosecha 47
4.5. Número de frutos total de limón por categoría 48
4.6. Diámetro polar de frutos 50
4.7. Diámetro ecuatorial de frutos de limón 51
4.8. Peso del fruto (g) de limón 53
4.9. Grados Brix de frutos de limón 55
4.10. Espesor de la corteza de frutos de limón 57
4.11. Abundancia de insectos benéficos y plaga 58
CAPÍTULO V 63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 63
5.1 Conclusiones 63
5.2 Recomendaciones 63
REFERENCIAS 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Localización geográfica de la zona de estudio en la evaluación del efecto de sacarosa exógena en limón* 30
Figura 2 *Diseño completamente al azar* 32
Figura 3 *Rango de valores de Índice de color en cítricos* 34
Figura 4 Pesaje y registro de datos de los frutos cosechados 35
Figura 5 *Categorías de frutos cosechados en los 4 tratamientos* 36
Figura 6 *Uso de pie de rey digital para la medición de la corteza del fruto* 36
Figura 7 *Medición del diámetro polar del fruto* 37
Figura 8 *Observación de los grados Brix en el refractómetro de mano* 37
Figura 9 *Insectos encontrados en trampas monocromáticas amarillas en árboles de limón tratados con distintas concentraciones de sacarosa. a) Fungus gnat, b) Cicadélido, c) Avispa parasitoide, d) Trip, e) Áfido y f) Mosca predadora* 38
Figura 10 *Actividades previas de la experimentación; a) Señalización de la experimentación llevada a cabo en el lote, b) Letreros en las unidades experimentales y c) Instalación de trampas cromáticas* 39
Figura 11 *Manejo cultural del lote de experimentación: a) Aplicación de la solución con una bomba de mochila, b) Realización de poda de formación y c) Riego por gravedad* 41
Figura 12 *Rendimiento de limón por árbol bajo 10 aplicaciones de sacarosa en distintas concentraciones.* 42
Figura 13 *Número de frutos de limón por árbol bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 44
Figura 14 *Rendimiento de limón por árbol por categoría bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 45
Figura 15 *Rendimiento de limón por árbol por cosecha bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 47
Figura 16 *Número de frutos de limón por árbol por categoría bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 49
Figura 17 *Diámetro polar (mm) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 50
Figura 18 *Diámetro ecuatorial (mm) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 52
Figura 19 *Peso del fruto de limón (g) bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 53
Figura 20 *Grados Brix (°B) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 55
Figura 21 *Espesor de la corteza (mm) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 57
Figura 22 *Abundancia de insectos benéficos y plagas (N° de insectos), monitoreados en las 3 trampas colocadas en cada tratamiento bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.* 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Taxonomía del limón*.....22
Tabla 2 *Características del área de estudio* 31
Tabla 3 *Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados durante la experimentación en campo* 31
Tabla 4 *Esquema de la ADEVA en el diseño completamente al azar considerando al factor tiempo*.....33
Tabla 5 *Esquema de la ADEVA en el diseño completamente al azar sin considerar al factor tiempo*.....34
Tabla 6 *Concentraciones de sacarosa empleadas en el cultivo*.....40
Tabla 7 *Análisis de varianza de la variable diámetro polar (mm) de frutos de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones* 50
Tabla 8 *Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial (mm) de frutos de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones* 51
Tabla 9 *Análisis de varianza de la variable peso del fruto (g) de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones*.....53
Tabla 10 *Análisis de varianza de la variable espesor de la corteza de frutos de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones* 57
Tabla 11 *Análisis de varianza de la variable abundancia de insectos benéficos y plaga de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones* 59

“EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE SACAROSA EXÓGENA EN LA PRODUCCIÓN DE CÍTRICOS (*Citrus limon* (L.) Osbeck) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA”.

Kevin Sebastián Morillo Morillo

Universidad Técnica del Norte

Correo: ksmorillom1@utn.edu.ec

RESUMEN

La producción mundial de cítricos alcanza 7.4 millones de hectáreas y 130.9 millones de toneladas, mientras que en Ecuador entre 2015 y 2019 se cosecharon 19700 toneladas. Este estudio evaluó el efecto de la sacarosa exógena en la producción y calidad de cítricos, así como la abundancia de insectos benéficos y plaga. Se aplicaron cuatro concentraciones de sacarosa (0, 1, 10 y 100 mM) foliarmente cada dos semanas. El diseño experimental fue completamente al azar con ocho árboles o unidades experimentales por tratamiento. El rendimiento y número de frutos, fueron mejores bajo la concentración 10 mM, con un rendimiento de 6.14 kg y 49 frutos por árbol. Mismo tratamiento que mejoró en rendimiento y número de frutos las categorías de frutos pequeños y medianos. A lo largo de las cosechas, los rendimientos aumentaron bajo el tratamiento 10 mM, con 4.10 kg por árbol. Los diámetros y peso de los frutos fueron mayores en la primera cosecha bajo concentraciones de 0 mM y 1 mM. En el tratamiento 10 mM, los grados Brix aumentaron hasta 8.20 y la corteza del fruto fue más fina. Las hormigas y moscas predadoras, redujeron en los tratamientos 10 y 100 mM de concentración, mismos tratamientos que favorecieron la abundancia de avispas parasitoides y coccinélidos. Los áfidos, trips, fungus gnat y cicadélidos no presentaron incrementos importantes. Finalmente, la sacarosa 10 mM de concentración es una opción viable y sostenible para mejorar la producción y calidad de los frutos de limón, sin alterar la presencia de plagas.

Palabras clave: energía suplementaria, frutales, rendimiento, calibre del fruto.

"**EVALUATION OF THE APPLICATION OF EXOGENOUS SUCROSE IN THE PRODUCTION OF CITRUS (***Citrus limon* (L.) Osbeck**) AT THE LA PRADERA EXPERIMENTAL FARM, CHALTURA.**"

Kevin Sebastián Morillo Morillo

Universidad Técnica del Norte

Mail: ksmorillom1@utn.edu.ec

ABSTRACT

The global production of citrus reaches 7.4 million hectares and 130.9 million tons, while in Ecuador between 2015 and 2019, 19700 tons were harvested. This study evaluated the effect of exogenous sucrose on citrus production and quality, as well as the abundance of beneficial and pest insects. Four sucrose concentrations (0, 1, 10, and 100 mM) were applied foliarly every two weeks. The experimental design was completely randomized with eight trees or experimental units per treatment. Yield and fruit number were better under the 10 mM concentration, with a yield of 6.14 kg and 49 fruits per tree. Same treatment that improved the yield and number of fruits in the small and medium fruit categories. Over the harvests, yields increased under the 10 mM treatment, with 4.10 kg per tree. Fruit diameters and weight were greater in the first harvest under 0 mM and 1 mM concentrations. In the 10 mM treatment, Brix degrees increased up to 8.20, and the fruit peel was thinner. Ants and predatory flies decreased in the 10 and 100 mM treatments, the same treatments that favored the abundance of parasitoid wasps and coccinellids. Aphids, thrips, fungus gnats, and leafhoppers did not show major increases. Finally, sucrose at a 10 mM concentration is a viable and sustainable option to improve lemon fruit production and quality without altering the presence of pests.

Keywords: supplementary energy, fruit trees, yield, fruit size.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Alrededor del mundo existen 3 principales productores de limón (*Citrus limon* (L.) Osbeck**),** liderado por India con 3 482 toneladas métricas, en segundo y tercer lugar lo conforman México y China (Statista, 2021). Según Zaragoza et al. (2011), los cítricos son uno de los cultivos más importantes del mundo, al conformar aproximadamente 7.4 millones de hectáreas, una producción mundial de 130.9 millones de toneladas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013). El limón resalta entre los productos que ayudan a satisfacer las necesidades alimentarias de los pobladores. En Ecuador, este fruto está disponible durante todo el año, pero su mayor abundancia se presenta entre septiembre y enero (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019).

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019) informa que, Ecuador tenía 27 474 hectáreas plantadas de cítricos, con una producción correspondiente a 153 360 TM. De estas, 2 493 hectáreas son de limón y se encuentran en la provincia de Manabí, con una producción de 5 925 TM. Esta provincia representa el 18% de la producción nacional de cítricos.

De acuerdo a Pita (2019), la producción de limón Meyer en la parroquia San José de Chaltura es de bastante relevancia. En cuanto a los productores de cítricos de esta zona, el 80% de los mismos cuentan con esta variedad en sus parcelas, el 50% de cada uno de ellos cuenta con al menos una o dos hectáreas de este cultivo, el 90% realiza el manejo de esta variedad en un mínimo de cinco años. El 50% de los productores de la zona tiene tendencia a manejar esta variedad debido a su gran mercado.

En el proceso de fotosíntesis, incurren varios factores externos como la luz, en donde las plantas aprovechan la luz a través de la membrana tilacoidal de los cloroplastos para convertirla en energía química. Proceso en el cuál, se producen moléculas de glucosa a partir de agua y dióxido de carbono, con oxígeno como subproducto. Estas moléculas de glucosa son esenciales al proporcionar recursos esenciales para los organismos como lo son, energía para las células y carbono para la síntesis de moléculas orgánicas necesarias para otras células (Taiz, 1998).

La sacarosa, conforma una fuente importante de energía para las plantas durante su crecimiento y el desarrollo de los distintos órganos. Se registra que, durante la fase vegetativa y de

maduración en la mayoría de los cultivos, los carbohidratos juegan un papel vital. Algunos investigadores sugieren que las aplicaciones de fuentes de carbono adicionales aportan energía para procesos fisiológicos de la planta, incluidos los procesos metabólicos y síntesis de aminoácidos (Marschner, 2012).

Los carbohidratos, debido a su capacidad para compensar la energía en las plantas, pueden emplearse para contrarrestar los efectos adversos que experimentan los cultivos sometidos a condiciones de estrés. Y es que, se ha comprobado el beneficio que representa para las plantas la aplicación de fotoasimilados adicionales, como la sacarosa exógena (Yumar et al., 2010).

Varios estudios han registrado resultados distintos al agregar sacarosa al medio de cultivo. En algunos casos, se evidencian mejoras en el crecimiento, mientras que en otros se inhibe o se ve afectado (Van et al., 2001). Se ha investigado el papel regulador de los azúcares, en este caso la sacarosa, en la latencia, la formación de órganos de sumidero y la maduración de embriones somáticos, a pesar de ello su función como molécula reguladora aún no se entiende en su totalidad (Calamar y De Klerk, 2002).

Por el contrario, concentraciones elevadas de sacarosa (>6 %) en el medio de cultivo inhiben la capacidad fotosintética de las plantas (Arigita et al., 2002). Esto puede explicarse debido a, la represión de la expresión génica, la reducción en el contenido de clorofila, la afectación del Ciclo de Calvin y la reducción de la actividad y concentración de Rubisco, resultando así en una disminución en las tasas fotosintéticas (Premkumar et al., 2002).

Las fuentes de energía en los procesos de formación de árboles frutales son de gran relevancia, según lo mencionado por Ramírez (2017). Se probaron diversos tratamientos que involucraban hormonas como las giberelinas, ácido naftalenacético y ácido bórico, así como prácticas como el anillado y el tratamiento de sacarosa. La unidad experimental fue un árbol de 7 años de edad, con dosis de sacarosa probadas de 50 g/árbol, de manera foliar en una solución de agua destilada estéril, aplicada de manera manual como se realizó en el estudio actual. Las aplicaciones de sacarosa se realizaron durante la floración y la etapa de llenado del fruto y se observaron una mejora en el rendimiento y calidad de frutos en un 14.5 y 20%, respectivamente. En cultivos como el aguacate (*Persea americana* Mill), alcanzar la formación final del fruto es un desafío debido a las altas necesidades energéticas para acumular elementos como los ácidos grasos, lo que requiere una cantidad considerable de energía para garantizar la formación y el cuajado final del fruto.

El uso de sacarosa en naranja Sweet Orange (*Citrus sinensis (*L.)) se aplicó sacarosa a una concentración del 10% en una mezcla de 800 ml en una relación p/v, en plantas de nueve años de edad con una frecuencia semanal, se pudo observar que la aplicación de sacarosa sobre el peso individual del fruto, el número de frutos y el rendimiento mejoró en un 7, 10 y 8%, respectivamente. Por otro lado, el calibre del fruto, el tratamiento bajo la aplicación de sacarosa, mostró calibres promedio de 7.5 mm y el control presentó resultados de 7.25 mm, el valor de grados Brix y el porcentaje de jugo mejoraron en un 10% (Cabezas, 2010).

Como bien lo menciona Carrillo et al. (2005), en la investigación realizada sobre el cultivo de fresa (*Fragaria×ananassa* Duch.) usando sacarosa a una concentración del 8% relación p/v mediante aspersión foliar, cada 14 días, el número de frutos y el rendimiento aumentaron en un 6.22% y 6.1%, respectivamente. Todo ello se lo atribuye a que la aplicación de sacarosa contribuyó a que las plantas de fresa tengan mayor vigor y por lo tanto brindar mayor producción y número de frutos en la cosecha final.

En cuanto a las plagas de los cítricos en la parroquia San José de Chaltura existe cierta preocupación debido a la presencia de áfidos y ácaros. Presentándose incidencias del 60 y 40%, insectos que extraen nutrientes importantes de la planta y de esta manera se ve afectada la productividad (Pita, 2019). Se ha demostrado que la aplicación de una fuente externa de sacarosa puede alterar la dinámica poblacional de los diferentes insectos presentes en el limón. En el caso de las hormigas, Wäckers et al. (2017) menciona que tanto la atracción de hormigas como de áfidos se ve reducida en un 75% cuando existe una fuente externa de sacarosa aplicada en las ramas de árboles cítricos.

La disponibilidad de una fuente externa de energía en una solución del 25% de sacarosa colocada en recipientes sobre las ramas de los árboles, la dinámica de enemigos naturales como las avispas, coccinélidos y moscas predadoras o dípteros, brinda una mayor posibilidad de sobrevivencia. Aproximadamente el 83% de mayor posibilidad para aumentar el ciclo de vida para las avispas, en donde al aumentar los controladores biológicos la producción y polinización en los árboles puede verse beneficiada (Rogers y Potter, 2004).

1.2 Problema de investigación

Dentro del contexto de los árboles frutales, es importante destacar que tienen necesidades energéticas significativas. Procesos como la floración, el cuajado de frutos, la calidad y la

productividad requieren una cantidad considerable de energía, como menciona Ramírez (2017). Los árboles frutales demandan cuidados intensivos, especialmente en términos de energía, para lograr la formación final del fruto.

En el caso específico de los cítricos, esta necesidad de energía tiene un impacto notable en la formación y calidad final del fruto, según lo señalan Agustí et al. (2003). Un desequilibrio en la disponibilidad de fuentes de carbono durante el desarrollo del sumidero puede resultar en limón de menor tamaño y calidad, e incluso en su desprendimiento prematuro.

La generación de información en este campo es insuficiente y limitada, en parte debido a la escasez de investigaciones. Esto se debe al tiempo considerable que se requiere para obtener una generación de información completa y precisa sobre el uso de fuentes adicionales de energía, las cuales tienen un impacto directo en la productividad y la calidad final del fruto (Alia et al., 2012). Y es que la producción citrícola enfrenta varios desafíos, principalmente relacionados con los requisitos del mercado. En donde la calidad del producto, el manejo del cultivo y el control de plagas son factores clave para garantizar esta calidad (Sánchez et al., 2004).

Por otro lado, se presenta la poca competitividad que brinda el Ecuador como productor de cítricos en relación a los demás países de Latinoamérica, ocupando el sexto lugar entre las regiones más exportadores de cítricos con 30 702 T, por detrás de Chile, Perú, Brasil Argentina, y Colombia. En donde Chile exportó un 91% más cítricos que Ecuador, (Observatorio de Complejidad Económica [OEC] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). De acuerdo a Cañarte y Navarrete (2019), el país cuenta con un potencial alentador para ser parte de las naciones más exportadoras de cítricos, pero la baja tecnificación agrícola para afrontar los daños causados por plagas y la poca capacitación a los productores en cuanto al manejo de frutales en Ecuador ha provocado un decrecimiento en cuanto a la producción de cítricos en el Ecuador.

1.3 Justificación

Según la FAO (2019), la producción de limón en Ecuador entre los años 2015 y 2019 alcanzó las 19 700 toneladas métricas. Por ejemplo, el limón Meyer (*Citrus x meyeri*) es una variedad que puede adaptarse a diversas condiciones agroecológicas en Ecuador, convirtiéndose así en un importante cultivo económico para los agricultores.

Como se mencionó anteriormente, en el caso de los árboles frutales y los procesos metabólicos en los organismos vegetales, especialmente los cítricos, la compensación energética externa mediante fuentes de carbono es necesaria y es que el proceso de formación final del fruto requiere cuidados especiales. Como señalan Scholefield et al. (1985), los niveles más bajos de carbohidratos se producen durante las etapas de floración, formación final del fruto y desarrollo de brotes, debido a las altas demandas de fuentes energética, de esta manera se hace necesaria la aplicación de una fuente energética externa que pueda compensar los procesos metabólicos de gran exigencia en frutales.

En esta investigación, se pretende formular y presentar las dosis óptimas de sacarosa exógena que resulten en mejores valores estadísticos para las variables analizadas. En donde están la captura de insectos por trampa, el número de insectos por planta, el rendimiento por planta, rendimiento por categoría de frutos, los grados Brix, la fracción de zumo y pulpa, y la densidad del zumo.

De esta manera, se busca destacar los beneficios de la sacarosa en el rendimiento de limón y por consiguiente proporcionar información sobre cómo los resultados obtenidos pueden ofrecer alternativas. A su vez, esta investigación pretende mostrar aquellos efectos notables que tiene la sacarosa en la dinámica poblacional de ciertas plagas de interés y con esta información indicar que plagas incrementan o disminuyen en número.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de sacarosa exógena en la producción de cítricos (*Citrus limon* (L.) Osbeck) en Chaltura, Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el rendimiento de frutos obtenidos con la aplicación de sacarosa en relación al manejo convencional.
- Detallar la calidad de frutos obtenidos con la aplicación de las diferentes dosis de sacarosa exógena.
- Determinar la abundancia de insectos benéficos y plagas en el cultivo de limón bajo los tratamientos en estudio.

1.5 Hipótesis

Hipótesis nula

Los tratamientos podrían no tener un efecto notable en las variables estudiadas como lo son el rendimiento, calidad del fruto y la dinámica poblacional de insectos ya que puedan requerir de la aplicación de dosis más altas de sacarosa.

Hipótesis alternativa

Se espera que una de las dosificaciones en mediana concentración produzca un efecto positivo en las variables estudiadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Definición e importancia económica del cultivo de limón

Los cítricos son cultivos perennes, que pertenecen a la familia de las rutáceas. Son frutales que, se adaptan fácilmente a diversas condiciones y prosperan en zonas tropicales, subtropicales y templadas. En la actualidad se pueden encontrar especies híbridas que son resistentes al cambio climático y a diferentes variaciones en el suelo (Singh et al., 2020).

El término "cítrico", dentro del género *Citrus*, incluye especies que son grandes arbustos, con alturas de entre 3 y 15 metros, y que producen frutos con o sin semillas. En esta familia se encuentran tres especies principales, de igual manera varios híbridos, dentro de los cuales están aquellos que son ampliamente comercializados (Ancillo y Medina, 2014).

En Ecuador, según datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), existen aproximadamente 3.06 millones de árboles que producen aproximadamente 347 789 toneladas métricas de cítricos, comprendido por naranjas, mandarinas, limones, toronjas y limas. Datos que reflejan, un gran interés comercial en los cítricos, conformando así un rubro económico importante para el país (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2018).

Las exportaciones de cítricos han experimentado un incremento en los últimos años. Según el Banco Central del Ecuador, en el año 2021 se exportaron 525.6 toneladas métricas (TM), generando ingresos por valor de 66 526.98 mil dólares. Para el año 2024, estas cifras aumentaron significativamente, con 2 298.9 TM de cítricos exportados, generando ingresos por valor de 772 430.4 mil dólares (Banco central del Ecuador [BCE], 2024).

2.2 Origen y distribución

El origen de ese cultivo remonta en Asia Oriental, comprendiendo zonas desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China Meridional, Tailandia, Indonesia, Indochina y Malasia (Agustí et al., 2003). Posteriormente, ciertos frutales se desplazaron a Europa, y se piensa que en Ecuador fueron introducidos en la época de la conquista española con el arribo de Cristóbal Colón (Sumba et al., 2021).

A nivel mundial, este cultivo es de bastante relevancia al ser cultivado en más de 140 países. Entre los principales países productores están China, Estados Unidos, India, España, México entre otros. El limón es uno de los cítricos más consumidos ya sea en forma de fruta fresca, jugo o concentrado. Al ser considerado una fuente rica en minerales, vitaminas y fibra dietética, esenciales para el cuidado nutricional. A pesar de que, la producción y exportación mundial de cítricos ha incrementado constantemente pero más lento en los últimos 30 años, comparado con otras frutas como tropicales como los mangos, melones y aguacates (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

En el país, el 43.4% de la producción de cítricos se concentra en la región Costa en provincias como Manabí y Los Ríos. El 11.17% en la región Sierra, se encuentra principalmente en Imbabura y Pichincha y Loja. En cuanto a la superficie plantada de cítricos, específicamente limones, representa 27 474 hectáreas (Ha), lo que muestra la importancia de este cultivo en la economía del país (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2019).

2.3 Descripción taxonómica del cultivo de limón

Taxonomía

La taxonomía del limón se detalla a continuación:

Tabla 1

Taxonomía del limón

Taxonomía del limón	
Reino:	Plantae
Filo:	Tracheophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Rutaceae
Género:	*Citrus*
Especie:	*Citrus limon* (L.) Osbeck

Fuente: Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2022).

2.4 Requerimientos agroclimáticos del limón

A continuación, se describen ciertos aspectos más relevantes a tener en cuenta para la adaptación de este cultivo:

2.4.1 Temperatura

En el rango de temperaturas de 13 a 32 °C, se registran aumentos en el crecimiento de las plantas, mientras no exista estrés hídrico en el suelo. La temperatura óptima para el crecimiento

varía entre 20 y 30 °C, aunque estos valores pueden variar a lo largo del día (González y Tullo, 2019).

2.4.2 Precipitación

El requerimiento de agua de este cultivo oscila entre 600 y 1 200 mm, todo ello puede variar dependiendo de las características del suelo, la variedad de la copa, el portainjerto y la edad de las plantas. Durante etapas como el desarrollo vegetativo y el crecimiento de las frutas este requerimiento puede incrementar (González y Tullo, 2019).

2.4.3 Luminosidad

El limón requiere una cantidad significativa de luz solar a lo largo de todas las etapas fenológicas, incluyendo el crecimiento vegetativo, el florecimiento y fructificación. Esta luz solar debe cubrir principalmente la parte exterior de la copa de la planta. Las plantas al estar más expuestas a la luz solar, presentarán un incremento en el crecimiento y el número de frutos maduros (González y Tullo, 2019).

2.4.4 Altitud

El limón (*Citrus limon*) es una planta que se adapta a distintas altitudes. Que van desde, los 20 hasta los 900 metros sobre el nivel del mar, aunque puede presentarse en alturas superiores a los 1 000 metros sobre el nivel del mar (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2002).

2.4.5 Suelos, humedad relativa, viento, pH

Las exigencias del cultivo de limón en cuanto al suelo incluyen, suelos de textura limo-arenosa con buen drenaje y profundidad adecuada entre 0.50 y 0.75 m. El pH del suelo debe estar en el rango de 5.5 a 8.5, siendo óptimo entre 5.5 y 7.0, lo cual está relacionado con la disponibilidad de nutrientes como fósforo (P), nitrógeno (N), calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S) y molibdeno (Mo) (Jiménez, 2007). Las características físico-químicas ideales del suelo incluyen una permeabilidad de 10-30 cm/h (Agustí et al., 2003).

En cuanto a la humedad relativa (HR), el cultivo se adapta a valores que oscilan entre el 60% y el 80%. La velocidad predominante del viento en la zona es algo muy relevante, ya que puede afectar la productividad al provocar la caída de flores, hojas y frutos. Afectaciones que pueden ser contrarrestadas mediante la instalación de barreras rompevientos (Jiménez, 2007).

2.5 Manejo y mantenimiento del cultivo

Existen ciertos aspectos a tener en cuenta, para así llevar de una manera adecuada el manejo del cultivo y esperar una producción óptima, a continuación, se detallan algunos criterios:

2.5.1 Riego

Teniendo en cuenta que, los cítricos son sensibles al estrés hídrico debido a su baja cantidad de pelos radiculares bien desarrollados, el riego se convierte en un factor crucial para asegurar cosechas de calidad. Los métodos de riego más utilizados en este cultivo son, el riego por gravedad, por aspersión y localizado. El consumo de agua anual promedio para los cítricos oscila entre 750 y 950 mm por año. Es recomendable, realizar el riego en frecuencias de 21 días en árboles adultos, dependiendo de la época del año (Agustí et al., 2003).

2.5.2 Fertilización

Las deficiencias nutricionales son un aspecto crucial que influye directamente en el crecimiento, desarrollo y calidad de los frutos en los cultivos de cítricos. Las cuales pueden variar según el elemento y la época en la que se cultiva (Agustí et al., 2003). Es fundamental, realizar análisis de suelos para manejar un adecuado programa de fertilización y así poder monitorear el estado de las plantas en cuanto a sus requerimientos nutricionales, de esta manera adaptar estos requerimientos conforme a la edad de los árboles (González y Tullo, 2019).

2.5.3 Manejo cultural

En cuanto al manejo cultural del cultivo de limón se rescatan varios tipos de podas, a continuación, se detalla cada una de ellas:

2.5.3.1 Poda de formación

El objetivo principal de esta poda, es dar forma y resistencia mecánica al árbol, especialmente para que pueda resistir a los vientos y el peso de las ramas durante su máxima producción. En esta poda, se corta la parte superior de la planta a unos 10 centímetros para estimular la brotación lateral de las yemas. De las nuevas ramas que surgen, se seleccionan tres o cuatro que estén bien distribuidas alrededor del tronco principal con una diferencia de altura de entre 4 - 8 centímetros, quienes serán las ramas principales. Una vez que estas ramas alcanzan unos 40 centímetros de largo, se las corta nuevamente a unos 5 centímetros desde el ápice para seleccionar dos o tres nuevas ramas de la brotación, quienes serán las ramas secundarias.

Cuando estas ramas crezcan hasta los 50 cm, se despuntan y se dejan crecer hasta los 60 – 70 cm quienes serán finalmente las ramas terciarias y que se dejarán crecer libremente. El objetivo es que el árbol tenga entre 6 - 12 ramas primarias, secundarias y terciarias bien distribuidas en su estructura (Padrón, 2007).

2.5.3.2 Poda de desarrollo

Esta poda debe ser en el debido tiempo, para así evitar el crecimiento excesivo del follaje y su retardada fructificación. Se trata de eliminar los llamados chupones, actividad que se puede realizar manualmente cuando son brotes tiernos y pequeños (MAG, 2002).

2.5.3.3 Poda de fructificación

En la etapa adulta de la planta, es importante mejorar la sanidad de la copa y recuperar el follaje perdido. Repercutiendo así, directamente sobre la cantidad y tamaño de los frutos. Además de, mejorar la sanidad de la copa y aumentar el follaje, se facilita la penetración de la luz y la mejora en la calidad del fruto, especialmente en el color del mismo (MAG, 2002).

2.5.3.4 Poda de limpieza

Esta poda se lleva a cabo posterior a la cosecha, el objetivo es eliminar ramas secas, rotas o afectadas por enfermedades como la gomosis aérea, la melanosis, entre otras. Estas ramas al ser portadoras de patógenos, pueden llegar a afectar la salud del árbol, provocar la caída de frutos y afectaciones en la calidad de los frutos (MAG, 2002).

2.5.3.5 Poda de renovación

En este tipo de poda el follaje del árbol será completamente eliminado, dejando solamente el tronco y las ramas principales. Es una poda necesaria en árboles que ya presentan caídas en su producción (MAG, 2002).

2.6 Plagas y enfermedades

El tema de las plagas y enfermedades que afectan este cultivo es bastante extenso, ya que sufre la influencia de numerosos insectos, hongos, virus, bacterias y otros organismos parásitos (Agustí et al., 2003).

2.6.1 Tipos de control

2.6.1.1 Control biológico y químico

Un ejemplo claro, para destacar la eficacia en el uso de este enfoque se puede observar en el manejo del psílido asiático de los cítricos, donde se emplea una combinación de enemigos naturales como parasitoides, depredadores y hongos entomopatógenos para reducir sus poblaciones (Cortez, 2024). Los insectos benéficos cumplen diversas funciones, como la polinización y la descomposición de materia orgánica, pero también son esenciales como controladores biológicos en los cultivos. Su efectividad en este último aspecto, recae en su capacidad para regular las poblaciones de parasitoides y depredadores fitófagos cuando estos alcanzan niveles excesivos. Sin embargo, la eficacia puede variar dependiendo del método de búsqueda y acción que empleen los controladores sobre las plagas (Zumbado y Azofeifa, 2018).

2.7 La fotosíntesis y el rol de la sacarosa en las plantas

En las plantas, la fijación y reducción del dióxido de carbono tienen lugar en el estroma del cloroplasto. El proceso de la fotosíntesis consta de dos fases: la fase fotoquímica, que conduce a la formación de ATP y NADPH, y la fase bioquímica, en la que el ATP y el NADPH son utilizadas para fijar el dióxido de carbono atmosférico y reducirlo para sintetizar carbohidratos (CH_2On). Estas reacciones del carbono o metabolismo del carbono en la fotosíntesis son de bastante importancia (Taiz, 1998).

George et al. (2008) señalan que el azúcar, además de servir como fuente de carbohidratos, altera el potencial osmótico del medio de cultivo. En estas circunstancias, el estrés ocasionado por la reducción del potencial osmótico inhibe el crecimiento, debido a las señales generadas en las raíces por las hormonas observadas bajo las condiciones de estudio en laboratorio (Munns, 2002). Sin embargo, en otras investigaciones se evidencia que la aclimatación de los cultivos puede mejorarse aumentando la concentración de sacarosa en medios de cultivo, favoreciendo así la producción de biomasa durante el crecimiento (Fila et al., 2008).

La sacarosa generada a partir de la fotosíntesis significa la supervivencia de las plantas, quienes dependen de su capacidad para extraer energía de diversas fuentes de carbono a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida. Entre las fuentes de carbono más utilizadas están los monosacáridos y disacáridos (Hernández y Nápoles, 2018). Que otorgan a las plantas energía y carbono fijo, los cuales se detallan a continuación:

- Energía: las moléculas de glucosa proporcionan combustible a las células, y así puedan obtener energía química a través de procesos como la respiración celular y la fermentación. Generando así, trifosfato de adenosina, una molécula portadora de energía de tamaño reducido.

- Carbono fijo: la fijación del carbono consiste en llevar a moléculas orgánicas, el carbono del dióxido de carbono o de compuestos inorgánicos. Este tipo de carbono, se refiere al carbono presente en estas moléculas orgánicas. Durante la fotosíntesis, el carbono fijo se incorpora a los azúcares y puede utilizarse para la síntesis de otras moléculas orgánicas necesarias para las células (Taiz, 1998).

Por otro lado, la sacarosa tiene un rol bastante importante en la fisiología y morfología de las plantas. Como bien lo mencionan Gómez y España (2024), la sacarosa favorece la morfología, la calidad y el crecimiento de las plántulas de tomate. En esta investigación la sacarosa exógena incremento el área foliar y el contenido de clorofila en las plántulas, facilitando así la absorción y el metabolismo de los carbohidratos. Los órganos individuales como los tallos, incrementarán su peso seco, al igual que, el diámetro y altura de la planta se verán beneficiados.

2.8 La sacarosa una molécula de señalización en las plantas

La sacarosa es de gran importancia al actuar como una molécula de señalización, debido a que las plantas requieren regular y monitorear las fluctuaciones, producción y consumo de energía en los diferentes estadios de las plantas. Este proceso es de estricto control en etapas como la presencia inicial de frutos, flores y semillas. De igual manera, en procesos como la formación del aparato fotosintético y la transformación de la planta del estado inicial al adulto, son transiciones en las cuáles la sacarosa actúa como una señalización para la regulación del flujo de carbohidratos (Wingler, 2018).

Un ejemplo de ello, es en la etapa de la floración en donde la sacarosa induce la presencia de factores transcripciones como el Locus T de floración. Este gen ayuda a codificar a una proteína la cual intervendrá en la floración y en otros puntos clave del desarrollo en la planta (Yoon et al., 2021). Además de ello, la sacarosa actúa en procesos de vital importancia como proveedores de estructuras carbonadas ya que regulan la expresión genética. Por otro lado, brindan estabilidad de los genes mensajeros, aportan en procesos como modificaciones traduccionales y por último se ha mostrado que puede alterar a la cromatina (Chen et al., 2021).

2.9 Procesos y factores externos en la adquisición de energía para las plantas

En las plantas, se llevan a cabo procesos como la fijación y reducción del dióxido de carbono, así como relaciones entre fuentes y sumideros de carbono, junto con una serie de reacciones conocidas como metabolismo del carbono en la fotosíntesis. Dentro de este proceso, se encuentra una fase fotoquímica en la que la luz es fundamental para la generación de energía que la planta utiliza, como el ATP y el NADPH (Taiz, 1998).

La enzima rubisco también está regulada por la luz, aunque de una manera diferente. En este caso, la activación de la misma implica la carbamilación de la enzima, lo que produce un complejo carbamato-Mg^{2+} que involucra a una lisina en el centro activo. Esta activación aumentará a medida que los niveles de Mg^{2+} y pH aumenten. Por lo tanto, los cambios en el pH y los niveles de Mg^{2+} en el estroma facilitan la activación de esta enzima gracias a la luz. El CO_2 involucrado en la carbamilación es distinto del CO_2 que se fija en la ribulosa-1,5-bifosfato (Taiz, 1998).

2.10 Relación fuentes sumidero

La relación fuente-sumidero explica cómo se distribuyen los productos de la fotosíntesis, como la sacarosa, dentro de la planta. Este concepto hace referencia a los órganos en los que se generan estos productos y aquellos órganos en los que se consumen o almacenan (Singh, 2024).

- **Fuentes**: se entiende por fuentes a las partes de la planta en donde ocurre la fotosíntesis. Por lo general, las fuentes son las hojas, aunque también pueden ser tallos de color verde entre otros órganos.
- **Sumideros**: son las áreas o órganos de las plantas en las que los productos de la fotosíntesis se consumen o almacenan. Los sumideros incluyen, a aquellas raíces que almacenan almidón, frutos en desarrollo, flores y otras partes que necesitan energía para crecer o llevar a cabo funciones metabólicas.

2.10.1 El transporte de carbohidratos en la relación fuente-sumidero

El traslado de fotoasimilados desde las fuentes hasta los sumideros se da a través del floema, un tejido que transporte de azúcares y otros nutrientes. Este proceso es activo, ya que las células en órganos fuente emplean energía para cargar el floema con sacarosa. Esto crea una presión que impulsa los productos fotosintéticos hacia áreas de menor concentración de carbohidratos.

2.10.2 Ciclo de la relación fuente-sumidero

- Durante el día, las hojas u otras fuentes realizan la fotosíntesis y generan carbohidratos.
- Estos carbohidratos se transportan hacia las raíces, frutos y otros órganos que actúan como sumideros, utilizados como energía o simplemente se almacenan en los mismos.
- Por la noche, cuando la planta no realiza fotosíntesis, los sumideros pueden liberar la energía almacenada para mantener procesos como el crecimiento y la reproducción.

2.10.3 Importancia de la relación fuente-sumidero

La importancia de la relación fuente – sumidero, recae en que determina muchos aspectos importantes. Como, el crecimiento, desarrollo y las estrategias de reserva de carbohidratos en la planta (Taiz y Zeiger, 1991).

- **Crecimiento y desarrollo**: un equilibrio adecuado entre las fuentes y los sumideros es crucial para el crecimiento de la planta. Si los sumideros demandan más recursos de los que las fuentes pueden ofrecer, la planta sufrirá deficiencias.
- **Estrategias de almacenaje**: ciertas plantas tienen mecanismos que les permiten optimizar el almacenamiento de carbohidratos en sus raíces o tallos, permitiendo un aporte suficiente durante períodos de poca luz o condiciones adversas.

2.11 Marco legal

La investigación llevada a cabo se encuentra en concordancia con las leyes que regulan el estado ecuatoriano, como la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA). Por ejemplo, el artículo 9 de esta ley aborda la investigación y extensión para la soberanía alimentaria. Además, se alinea con el artículo 7, el cual recae sobre la protección de la agrobiodiversidad, resaltando la importancia de salvaguardar los ecosistemas y promover la recuperación de la agrobiodiversidad debido al mal uso de recursos naturales como el agua y el suelo (LORSA, 2011).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

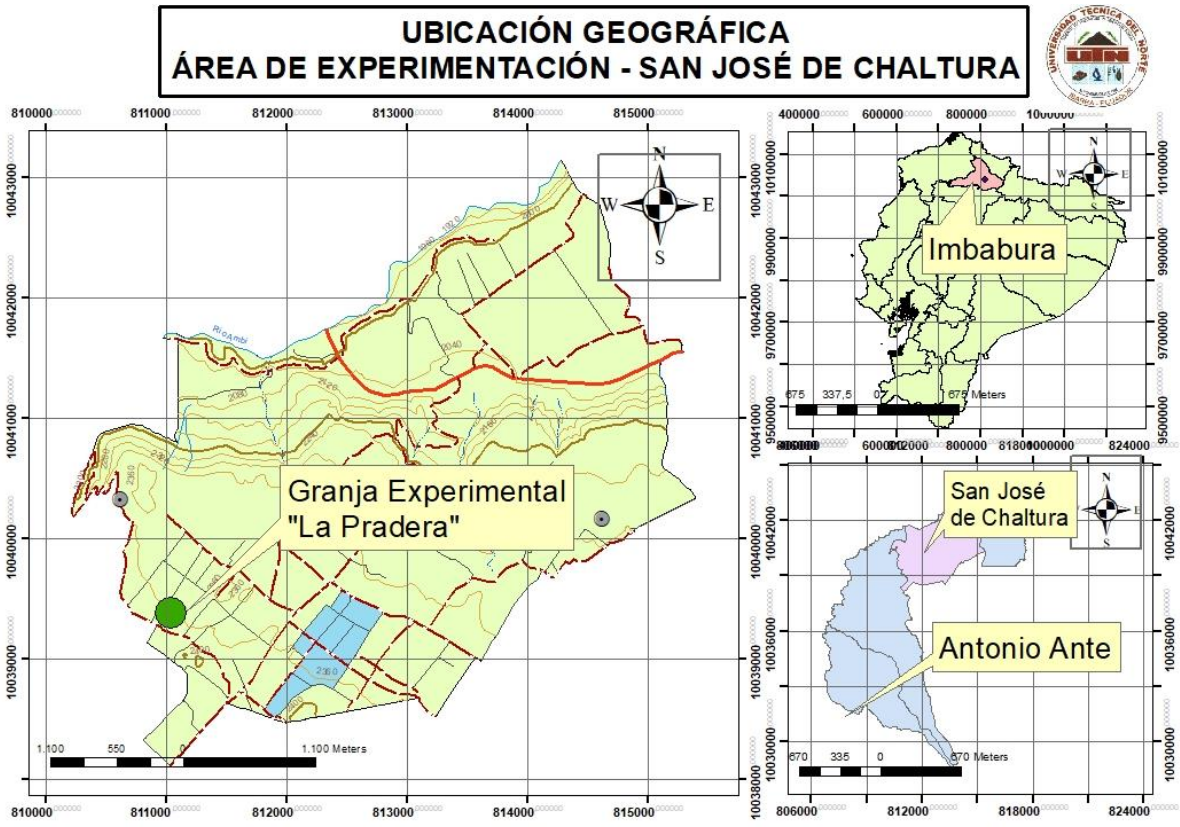
3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se ejecutó en la “Granja Experimental La Pradera”, ubicada en la parroquia Chaltura.

En la Figura 1, se muestra la localización geográfica del área de estudio, se presenta tanto la ubicación a nivel regional, provincial, cantonal y por último el mapa base de la parroquia San José de Chaltura.

Figura 1

Localización geográfica de la zona de estudio en la evaluación del efecto de sacarosa exógena en limón



Fuente: Instituto Geográfico Militar [IGM], (2017).

3.1.1 Características del área en estudio

La Tabla 2 a continuación muestra la ubicación geográfica y las características climáticas de las localidades estudiadas, proporcionando información clave sobre las condiciones que afectan la producción agrícola en cada zona.

Tabla 2

Características del área de estudio

Ubicación geográfica	
Lugar	Granja Experimental “La Pradera”
Altitud	2 340 m.s.n.m.
Características agroclimáticas	
Temperatura (°C)	10 – 20
Humedad relativa (%)	75%
Precipitación (mm)	1 000 – 2 000

Fuente: GAD, Chaltura (2022).

3.2 Materiales

Los materiales que se utilizaron en el estudio se detallan a continuación.

Tabla 3

Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados durante la experimentación en campo

Materiales	**Equipos**	**Insumos**	**Herramientas**
Libreta de campo	Computadora	Sacarosa	Tijeras
Esfero	Cámara	Plantas de limón	Trampas
Hojas	Refractómetro		Asadón
Palos	Balanza		Probeta
Rótulos	Termómetro digital		Exprimidor
	Pie de rey digital		

3.3 Métodos

A continuación se describen aquellos factores que interactuaron en la experimentación, los tratamientos empleados, el diseño experimental, el análisis estadístico para los resultados y aquellas variables para su posterior análisis.

3.3.1 Factores en estudio

Factor A - Niveles de sacarosa: 4 niveles de concentración de sacarosa en unidades milimolar (mM):

- 0 mM
- 1 mM
- 10 mM
- 100 mM

Factor B - Tiempo: 3 mediciones en el área de estudio a lo largo de aproximadamente 150 días.

3.3.2 Tratamientos

A continuación, se presentan los tratamientos empleados en la experimnetación diferenciándose en la concentración de sacarosa en cada solución.

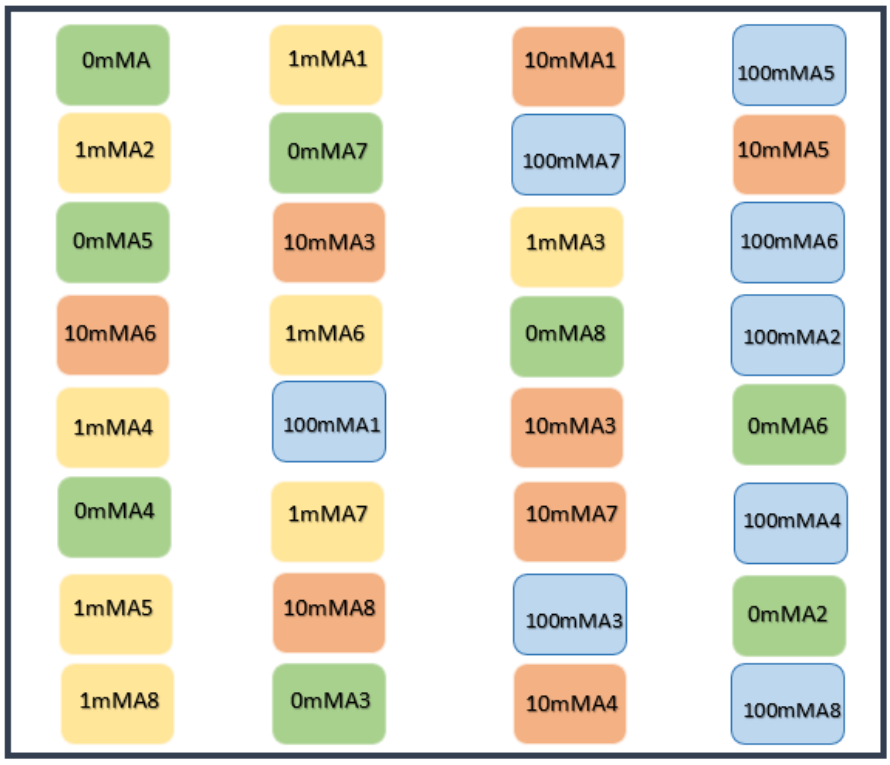
- 0 mM: concentración de sacarosa 0 mM - (Testigo)
- 1 mM: concentración de sacarosa 1 mM
- 10 mM: concentración de sacarosa 10 mM
- 100 mM: concentración de sacarosa 100 mM

3.3.3 Diseño experimental

El diseño empleado en la investigación fue completamente al azar (DCA), a continuación, se presenta la Figura 2, mostrando la distribución de las unidades experimentales y diferentes tratamientos en el lote:

Figura 2

Diseño completamente al azar



Nota. Se aplicaron 4 tratamientos, 0 mM (testigo), 1 mM, 10 mM y 100 mM, cada uno de ellos con 8 unidades experimentales etiquetados como A1, es decir árbol y el número correspondiente.

3.3.4 Características del experimento

Algunas de las principales características del área de la investigación tomadas en cuenta se mencionan a continuación:

- Número de árboles en el lote: 68
- Número de unidades experimentales: 32
- Número de árboles por tratamiento: 8
- Número de trampas por tratamiento: 3
- Etiquetas unidad experimental: TS1A1, indicando el tratamiento bajo la dosis de sacarosa 1 y el árbol 1.
- Criterios adicionales: homogeneidad de unidades experimentales, en tamaño y fenología.

3.3.5 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico INFOSTAT versión 2020, para analizar los descriptores agronómicos se hizo uso de las pruebas de medias LSD Fisher haciendo referencia a un 5% de significancia. Por otro lado, las variables rendimiento y número de frutos por árbol por categoría, rendimiento por árbol por cosecha y grados Brix fue necesario el uso de la prueba para datos no paramétricos Kruskal Wallis.

El tiempo fue tomado como un factor más en las variables de rendimiento, diámetro polar y ecuatorial del fruto, peso individual de frutos, grados Brix y espesor de corteza por cosecha y se muestra el esquema del ADEVA en la Tabla 4.

Tabla 4

Esquema de la ADEVA en el diseño completamente al azar considerando al factor tiempo

Fuentes de variación	**Cálculo (GL)**	**Grados de libertad (GL)**
Concentraciones	(4)-1	3
Tiempo	(3)-1	2
(D)(T)	(4-1)(3-1)	6
Error experimental	((4)(3)(8-1))	84
Total	(4)(3)(8) – 1	95

En donde el tiempo no fue tomado en cuenta fue en las variables de rendimiento total, número de frutos por árbol, rendimiento por árbol por categoría, número de frutos por categoría y dinámica poblacional de insectos, se presenta el esquema del ADEVA en la Tabla 5.

Tabla 5

Esquema de la ADEVA en el diseño completamente al azar sin considerar al factor tiempo

Fuentes de variación	Cálculo (GL)	Grados de libertad (GL)
Concentraciones	(4)-1	3
Error experimental	(4)(3-1)	8
Total	(4)(3)– 1	11

3.3.6 Variables evaluadas

- **Rendimiento kg árbol^{-1}, rendimiento por categoría kg árbol^{-1}, grados Brix, diámetro polar y ecuatorial del fruto, peso del fruto y espesor de la corteza.**

Se pueden observar anteriormente aquellas variables evaluadas en la investigación. En donde se han tomado algunos criterios para la toma de decisión a la hora de la cosecha de los frutos, así como también la categorización de los mismos de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana, dichos índices se pueden evidenciar de manera más detallada a continación.

Criterios de cosecha

La medición para las variables anteriomente enunciadas fue al momento de la cosecha es decir cada seis semanas, observando los criterios de punto de madurez de cosecha, en este caso se tomo en cuenta indicadores de color de acuerdo a la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC, 2019) que se presenta en la Figura 3.

Figura 3

Rango de valores de Índice de color en cítricos

Nota. Se tomó en cuenta el rango de valor -18 a -13, un valor negativo se asemeja al color verde y un color amarilento se relaciona a un valor positivo.

Número de frutos para la evaluación de rendimiento, número de frutos, espesor de corteza del fruto, diámetro polar y ecuatorial de frutos y grados Brix.

De acuerdo a la norma técnica NTON-17002-02 (2001), el número de unidades mínima en una muestra de productos frescos de tamaño medio, o con un peso de 25 a 250 g, debe ser de 10 unidades o un kg mínimo. De igual manera Solís y Tómala (2010), mencionan que el número indicado o mínimo para una muestra válida es de 10 frutos, sin embargo, para la investigación realizada se tomaron 15 frutos por cada tratamiento en total 60 frutos.

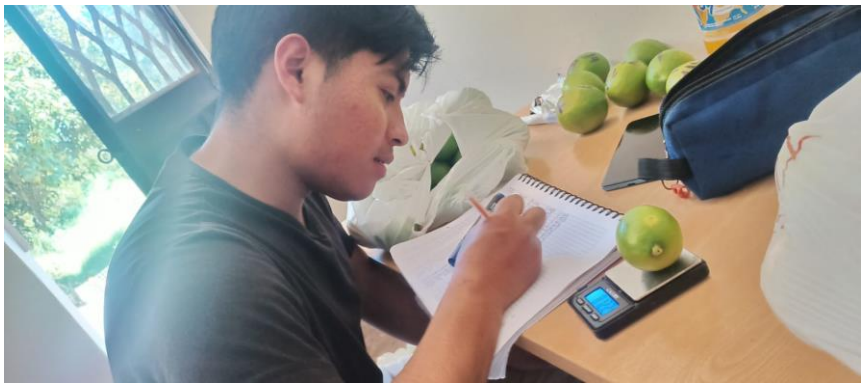
Rendimiento de frutos

- **Rendimiento kg árbol^{-1} de limón**

Otra de las variables de interés en la investigación fue el rendimiento total kg árbol^{-1} de limón, en un total de 3 cosechas en 5 meses de investigación con una frecuencia de 45 días aproximadamente, para cada uno de los ocho árboles dentro de cada tratamiento. Recolectando a todos los frutos que se encontraban dentro de los criterios de cosecha anteriormente mencionados. Para este efecto se usó una balanza tal y como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Pesaje y registro de datos de los frutos cosechados



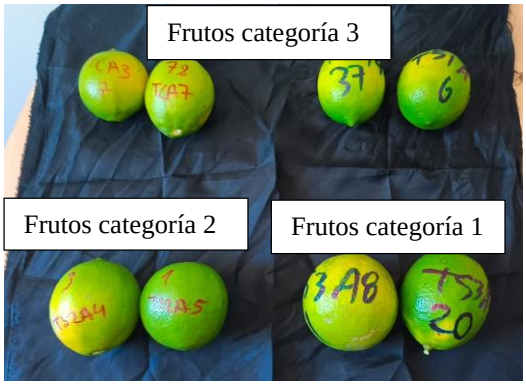
- **Rendimiento por categoría kg árbol^{-1} de limón**

En cuanto al rendimiento final de árboles de limón se realizó una categorización de frutos totales cada 6 semanas, en total 3 veces a lo largo de la investigación y teniendo en cuenta los pesos de cada fruto. En donde aquellos frutos con un peso mayor a 250 gramos serán identificados como de primera categoría o grande, aquellos frutos entre 180 y menor a 250 gramos será un fruto de segunda categoría o fruto mediano y por último aquellos frutos con un peso menor a 180 gramos serán frutos pequeños o de categoría 3 (NTE INEN 1757, 2016). En

la Figura 5 se diferencian a aquellos frutos encontrados en la investigación de acuerdo a su categoría.

Figura 5

Categorías de frutos cosechados en los 4 tratamientos



Nota. Se muestran las diferentes categorias de frutos recolectados en la experimentación en todos los tratamientos.

Calidad externa de frutos de limón

- **Espesor de corteza, diámetro polar y ecuatorial de frutos de limón**

Para la medición del espesor de la corteza se hizo uso de un calibrador o pie de rey digital, brindando resultados en milímetros (mm). Se procedió a cortar el fruto por la zona ecuatorial (Figura 6) y se mide la corteza en las dos piezas evitando elegir la zona más o menos representativa, sino zonas imparciales.

De igual forma para la medición del diámetro ecuatorial y polar se hizo uso de un calibrador o pie de rey digital, resultando valores en milímetros, midiendo el fruto de manera polar tal y como se muestra en la Figura 7. Todo ello desde el inicio del pedúnculo hasta el final de los restos del estilo o viceversa y de manera ecuatorial procurando que el calibrador se ubique por el centro del fruto (Romero et al., 2020).

Figura 6

Uso de pie de rey digital para la medición de la corteza del fruto

Figura 7

Medición del diámetro polar del fruto

Calidad interna de frutos de limón

- **Grados Brix**

Para la medición de esta variable se utilizó un refractómetro de mano. El rango de medición del equipo es de 0-32. Esta variable fue analizada en 15 frutos en cada uno de los 4 tratamientos, en total siendo 60 frutos analizados por cosecha. Se realizó la medición empleando para cada una de ellas unas gotas de zumo, y observando el valor que refleja a través del lente ocular buscando luminosidad para tener un valor confiable y más preciso, como se presenta en la Figura 8.

A continuación, se observa una imagen de referenciación del equipo utilizado, el cual brinda resultados que debe ser corregidos ya que la temperatura del zumo no es de 20 ^{o}C. De igual manera a la hora del uso del refractómetro, es clave el cuidado del prisma, ya que luego de cada lectura realizada debe limpiarse la cámara del prisma principal con agua destilada y su posterior secado todo ello antes y después de las mediciones (Romero et al., 2020).

Figura 8

Observación de los grados Brix en el refractómetro de mano

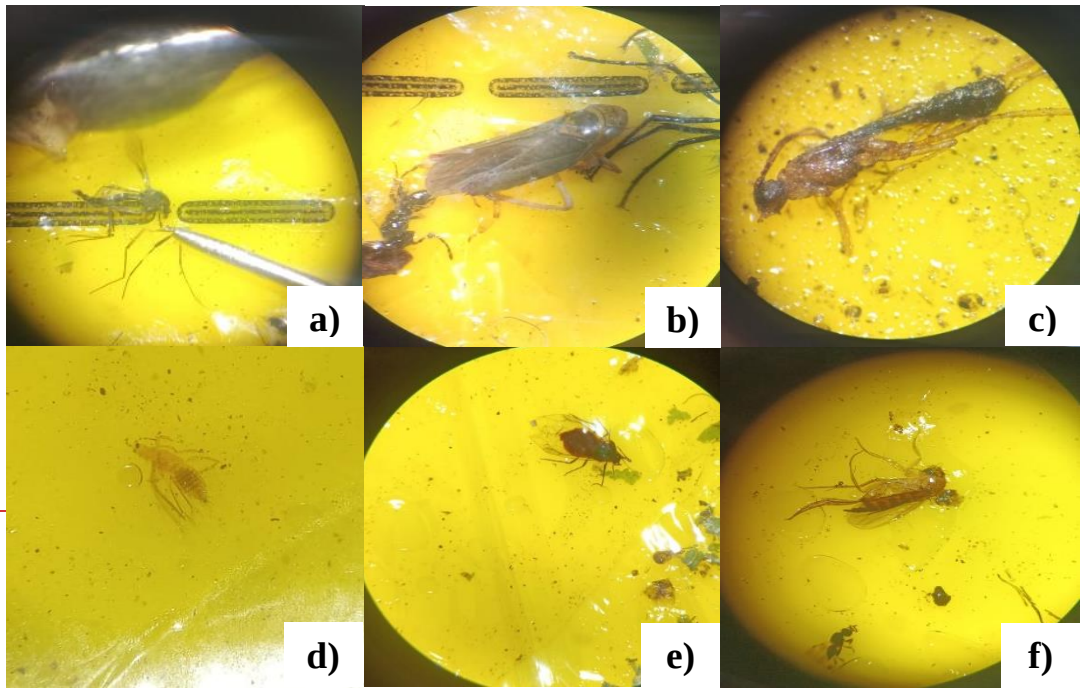
Dinámica poblacional de insectos en el cultivo de limón

- **Número de insectos por trampa**

Para la medición de esta variable se hizo el conteo de insectos cada dos semanas con el uso de trampas cromáticas, y su posterior conteo en laboratorio con el ayuda de un microscopio, dentro de los insectos monitoreados se encuentran los benéficos como coccinélidos, avispa parasitoide y la mosca predadora, las plagas registradas fueron los trips, hormigas, fungus gnat, áfidos y cicadélidos. A continuación, se muestran de la Figura 9:

Figura 9

Insectos encontrados en trampas monocromáticas amarillas en árboles de limón tratados con distintas concentraciones de sacarosa. a) Fungus gnat, b) Cicadélido, c) Avispa parasitoide, d) Trip, e) Áfido y f) Mosca predadora



3.4 Manejo del experimento

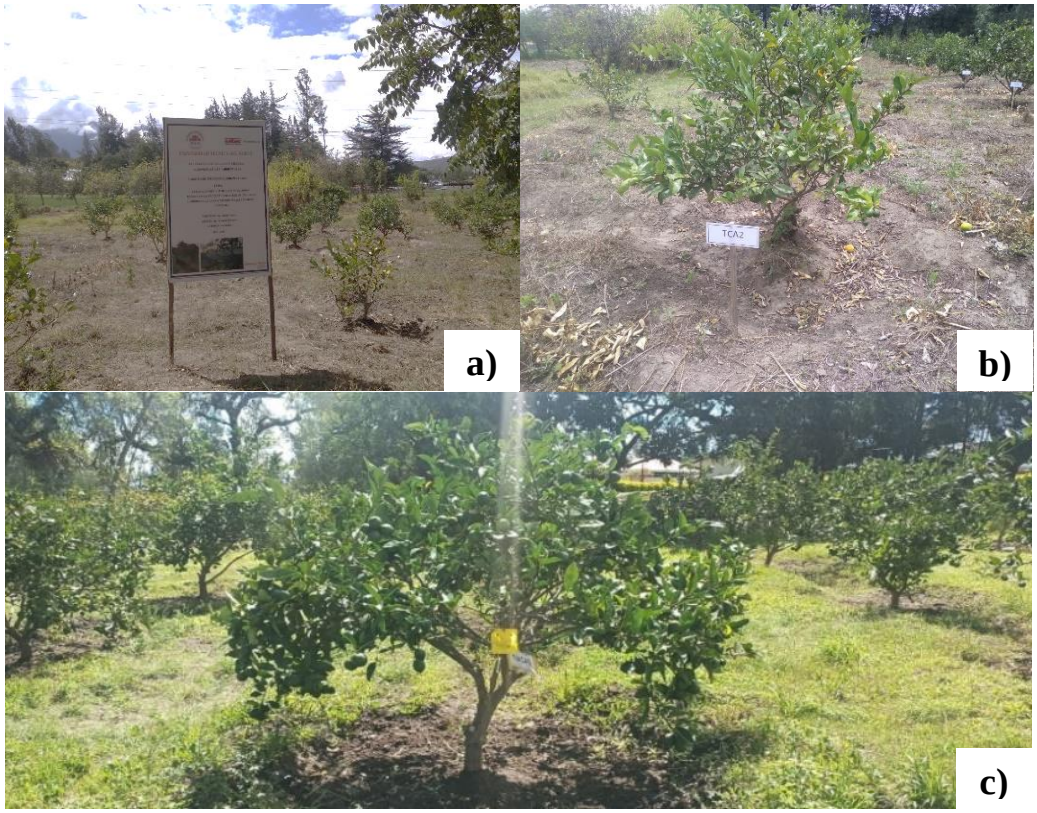
3.4.1 Selección del sitio

Se seleccionó un lote ubicado en la Granja Experimental “La Pradera”, teniendo en cuenta que las plantas de limón ya se encuentran establecidas. Los árboles seleccionados debían cumplir las siguientes características, como homogeneidad en cuanto a tamaño, en donde se eligió 7 árboles de gran contextura y un árbol pequeño esto se realizó en todos los tratamientos, de igual manera árboles en etapa de floración y árboles en producción en donde exista un reducido

porcentaje de flores abortadas y gran número de frutos cuajados. Se procedió a elegir los árboles para los 4 tratamientos eligiendo 8 árboles por cada tratamiento en total 32 árboles o unidades experimentales. El lote fue elegido de acuerdo a la disponibilidad de agua de riego y por cierta factibilidad para su manejo, en cuanto a la formación de coronas, limpieza de malezas y podas, A continuación, se presenta la Figura 10 aquellas actividades previas a la realización de la investigación:

Figura 10

Actividades previas de la experimentación; a) Señalización de la experimentación llevada a cabo en el lote, b) Letreros en las unidades experimentales y c) Instalación de trampas cromáticas



3.4.2 Adecuación del sitio

Para la delimitación del sitio, en primera instancia se colocó un cartel indicando sobre la realización de una experimentación sobre el lote (Figura 10a). Posterior a ello se colocaron letreros sobre aquellos árboles considerados como unidad experimental (Figura 10b). Se realizó una limpieza general del lote, una poda de formación de árboles y una cosecha general inicial buscando homogeneidad en los árboles.

3.4.3 Instalación de trampas

La instalación de las trampas cromáticas amarillas se realizó de manera manual en cada árbol, colocadas a media altura para obtener buena recolección de insectos, se cambiaron y monitorearon cada semana durante 5 meses de investigación. Se colocaron 3 trampas por tratamiento aleatoriamente resultando así en 12 trampas finalmente, como se muestra en la Figura 10c.

3.4.4 Preparación de la solución de sacarosa

Se prepararon 4 soluciones de sacarosa, 0 mM, 1 mM, 10 mM, 100 mM.
A continuación, se detalla en la Tabla 6, aquellas concentraciones que fueron empleadas en la investigación:

Tabla 6

Concentraciones de sacarosa empleadas en el cultivo

Tratamiento	**Concentración empleada en el cultivo (peso/volumen).**
0 mM (testigo)	0 ppm
1 Mm	342.132 ppm
10 Mm	3421.32 ppm
100 Mm	34213.2 ppm

3.4.5 Aplicación de las soluciones

Se hizo uso de una bomba de mochila como se muestra en la Figura 11a, se colocaron 3 litros de solución para cada tratamiento. Para la correcta aspersión foliar de la solución se evitó la pérdida del producto por goteo, buscando que cubra el total de las hojas, ramas, flores y frutos. Luego se lavó la bomba y se cambió la solución para aplicar nuevamente. Las fechas de rociado en el año 2023 fueron, el 5 y 19 en septiembre, en octubre el 3, 17, 31, en noviembre el 14 y 28, en diciembre el 12. En el año 2024, en enero el 9 y 23. En toda la investigación, se aplicaron las soluciones en 10 ocasiones, con una frecuencia de dos semanas.

3.4.6 Labores culturales

Se eliminó del lote malas hierbas, malezas, por su rol de refugio de plagas y enfermedades, al igual que podas de eliminación de chupones y una poda inicial de formación como se presentan

en la Figura 11b. La poda de formación, buscaba una mejor aireación y un aumento de entrada de luz para una buena conformación de frutos y por último la formación de canales de riego y de las coronas en los árboles, para un mejor aprovechamiento del agua.

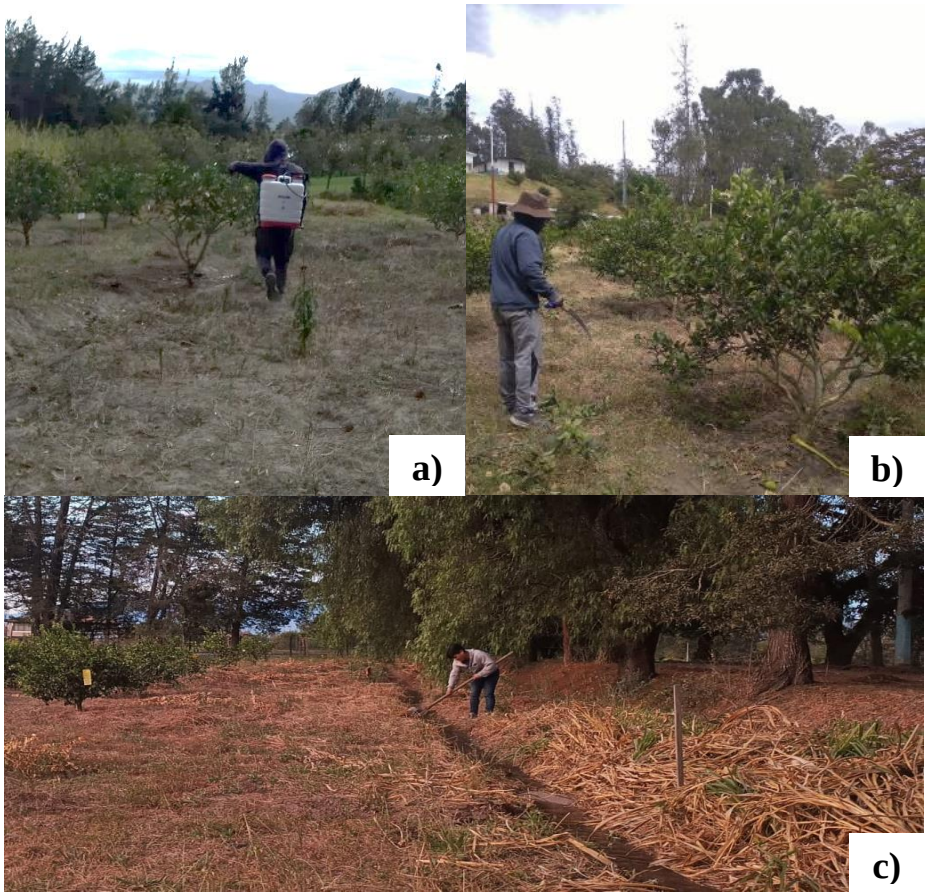
3.4.7 Riego

El riego se realizó cada dos semanas, teniendo en cuenta la presencia de lluvias en la zona, ya que en las primeras etapas si fue necesario brindar riego y en las próximas etapas no fue necesario. Todo se realizó de manera manual con el ayuda de palas, azadones, en donde se dejaba total encharcamiento en las coronas de cada uno de los árboles buscando que los mismos queden saciados de agua necesaria para sus funciones fisiológicas. En la Figura 11c se muestra la realización del riego, teniendo en cuenta la importancia y la susceptibilidad al estrés hídrico de los cítricos se tuvo mucho cuidado en este aspecto.

A continuación, se muestran las actividades relacionadas al manejo cultural del lote en la Figura 11:

Figura 11

Manejo cultural del lote de experimentación: a) Aplicación de la solución con una bomba de mochila, b) Realización de poda de formación y c) Riego por gravedad



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

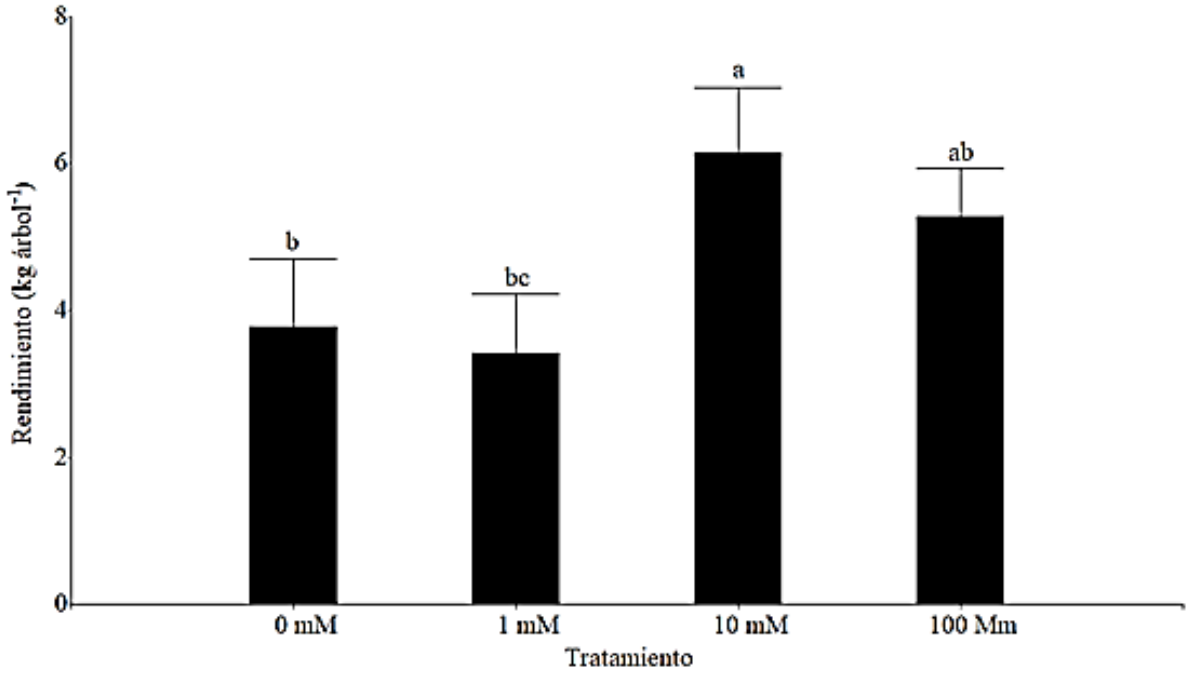
4.1. Rendimiento total

Para la variable rendimiento total, se puede observar en el análisis de varianza que si existen diferencias significativas entre tratamientos (F=2.4; gl=3, 18; p=0.0413).

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 12, las diferencias entre los 4 tratamientos para la variable rendimiento total:

Figura 12

Rendimiento de limón por árbol bajo 10 aplicaciones de sacarosa en distintas concentraciones.



De acuerdo a lo obtenido para la variable rendimiento por árbol, se puede observar en la Figura 12, que el rendimiento del tratamiento 10 mM tiene diferencias significativas y supera a los registrados por los tratamientos 0 y 1 mM por 38.6 y 44%, respectivamente. A su vez, el rendimiento de estos tres tratamientos es similar y no presenta diferencias significativas en relación a lo observado en árboles tratados con el tratamiento 100 mM.

La aplicación de sacarosa a una concentración de 10 mM, mejora notablemente el rendimiento por árbol. Lo cual coincide con los resultados obtenidos por Cabezas (2010), en donde se probó sacarosa en naranja Sweet Orange (*Citrus sinensis (*L.)) a una concentración de 294 mM de manera foliar, se aplicó 800 mL de la solución por árbol semanalmente. El rendimiento bajo la

concentración 294 mM de sacarosa mejoró en un 29% con respecto al control en donde no se aplicó ni se modificó nada. Ramírez (2017), aplicó de manera foliar 50 mM de sacarosa en un árbol de aguacate (*Persea americana* Mill.) de 7 años de edad, una en la etapa de floración y otra en la etapa de llenado de fruto. De esta manera comprobó que la producción de frutos final mejoró en un 13%. Estos resultados coinciden con los obtenidos en la investigación, en donde el tratamiento 10 mM sacarosa superó en un 38.6% al tratamiento control.

De acuerdo a Gao et al. (2022), la aplicación de la solución de sacarosa al 88 mM de manera foliar en árboles de biodiesel (*Sapindus mukorossi* Gaertn.) trajo consigo un aumento del 81% en el rendimiento datos similares a los obtenidos en el estudio bajo la concentración de sacarosa 100 mM. La sacarosa exógena favorece procesos de alta demanda energética, como el amarre y llenado de la fruta, al reducir la competencia energética entre órganos y apoyar el desarrollo de los ovarios (Agustí et al., 2003).

De acuerdo a la Figura 12, entre los tratamientos 10 mM y 100 mM existió una reducción en el rendimiento a pesar de ser la dosis más alta de sacarosa se presentó un rendimiento 14.2 % menor al tratamiento de 10 mM. Esto puede explicarse debido a que la sacarosa exógena tiene un efecto negativo en el transporte de fotoasimilados a través de los tejidos vasculares del floema, pero a bajas concentraciones ayuda en la inducción de genes que participan en la fotosíntesis (Yoon et al., 2021).

La sacarosa una molécula de señalización reduce el transporte de carbohidratos a la mitad bajo la aplicación de sacarosa a una concentración de 100 mM en hojas desprendidas de remolacha azucarera (Chiou y Bush, 1998). Y es que cuando existe poca demanda de fotoasimilados la sacarosa exógena al 88 mM no se aprovecha y las tasas fotosintéticas se ven afectadas (Le et al., 2001; Huang et al., 2022 y Iglesias et al., 2002). Por otro lado, la tasa fotosintética y capacidad de acumulación de carbohidratos solubles en el fruto se ve afectada por factores como el estado de desarrollo de los diferentes órganos de las plantas. Y es que las hojas jóvenes requieren una alta demanda de energía en su primer mes de desarrollo, a partir de ahí la capacidad de asimilación de carbohidratos disminuye (Agustí et al., 2003).

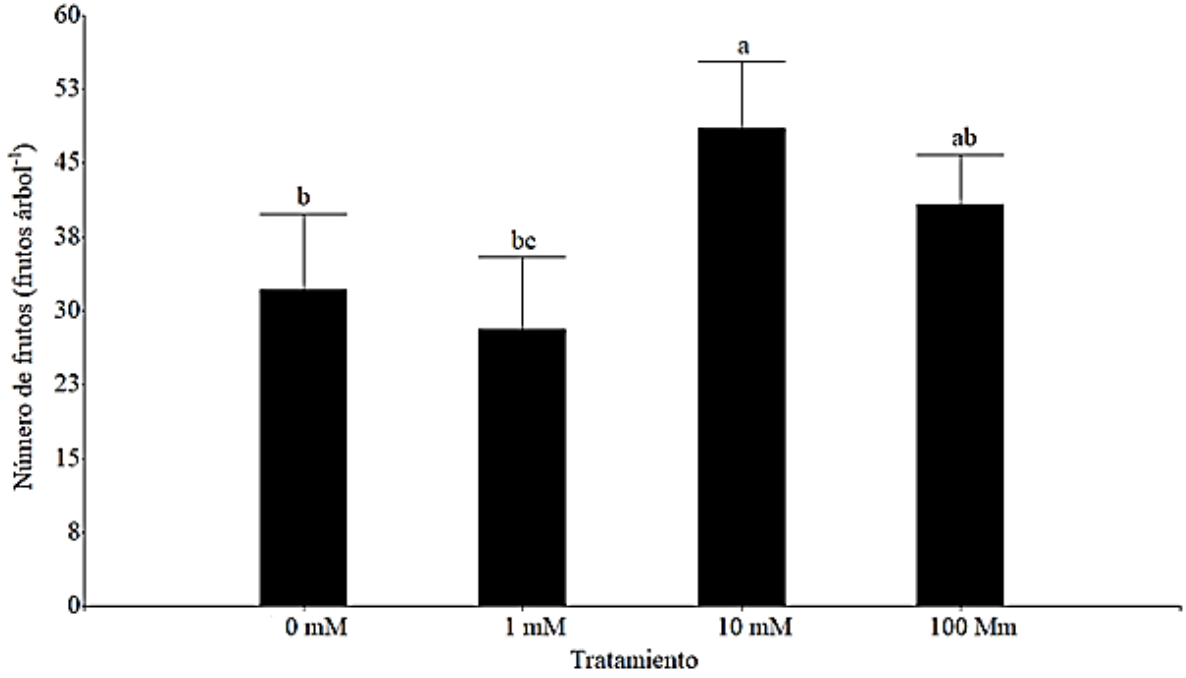
4.2. Número de frutos total

Para la variable número de frutos, se puede observar en el análisis de varianza que si existen diferencias significativas entre tratamientos ($F=1.9$; $gl=3, 18$; $p=0.0400$).

A continuación, se puede observar en la Figura 13, las diferencias entre los 4 tratamientos para la variable número de frutos total:

Figura 13

Número de frutos de limón por árbol bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



En la Figura 13, se puede evidenciar que para la variable número de frutos por árbol, el tratamiento 10 mM tiene diferencias significativas y supera a los registrados por los tratamientos 0 y 1 mM por 34 y 42%, respectivamente. A su vez, el número de frutos de estos tres tratamientos es similar y no presenta diferencias significativas en relación a lo observado en árboles tratados con el tratamiento 100 mM.

Lo cuál de acuerdo a Cabezas (2010), en donde se analizó la aplicación de sacarosa de manera foliar a una concentración de 294 mM semanalmente bajó el cultivo de naranja Sweet Orange (*Citrus sinensis (*L.)) de igual manera la presente variable y se obtuvieron resultados de un aumento de retención de frutos o mayor número de frutos maduros en un 20%. Prakash et al. (2022), indica que la aplicación de sacarosa a una concentración de 147 mM de manera foliar en frutales de noni (*Morinda citrifolia* (L.)) en dos aplicaciones (primera en la etapa de floración - fructificación y segunda luego de 3 semanas) incrementa el número de frutos en un 50%. Investigaciones que concuerdan con lo obtenido en donde la aplicación de sacarosa a una concentración de 10 mM aumenta el número de frutos en un 34%.

La aplicación de sacarosa mejora a la abscisión de las frutas en el árbol, provocando así una mayor retención del fruto. Dentro de los frutales existe mucha competencia de energía entre órganos en este caso las flores y es que a mayor energía mayor será la posibilidad de que los ovarios fecundados lleguen a ser un fruto (Ramírez, 2017). Y es que se ha demostrado que la sacarosa actúa como una fuente externa de carbohidratos que respaldan la demanda de energía en la germinación del polen (Parrotta et al., 2018). A medida que existe poca disponibilidad de sacarosa el polen se deteriora produciendo de esta manera menor número de flores y por congruente menor número de frutos maduros (Lagera et al., 2017).

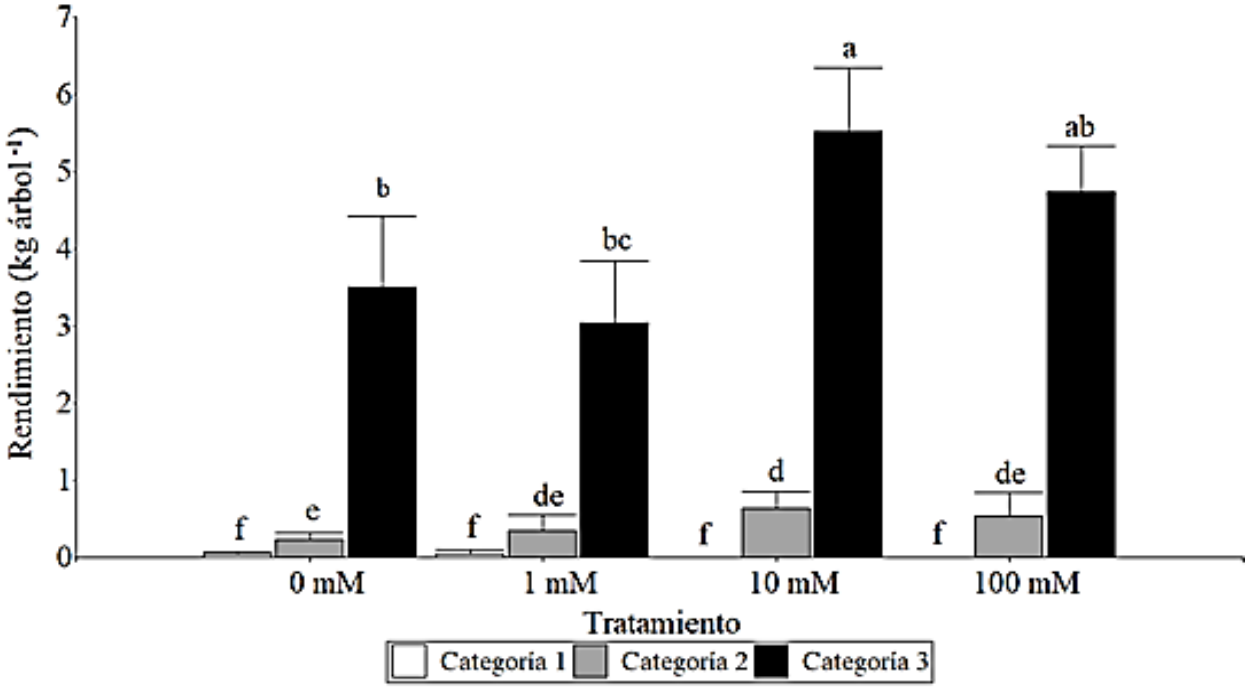
4.3. Rendimiento por categoría

Para la variable rendimiento por árbol por categoría, en base a su peso de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1757, 2016). Se puede observar en el análisis de varianza de datos no paramétricos con la prueba Kruskal Wallis que existe interacción entre tratamientos y categorías ($H=60.62$; $p<0.0001$).

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 14, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable rendimiento por árbol por categoría:

Figura 14

Rendimiento de limón por árbol por categoría bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Analizando la Figura 14, para la variable rendimiento de árboles de limón por categorías, se puede mencionar que en todos los tratamientos se registraron rendimientos, organizados de

mayor a menor, en las categorías 3, 2 y 1. Para el tratamiento 0 mM, se evidencia que la categoría 3 sobresale sobre las categorías 1 y 2 por 98.9 y 93.43%, respectivamente. Para el tratamiento 1 mM existen diferencias significativas entre categorías evidenciándose que la categoría 3 supera a las categorías 1 y 2 en un 98.4 y 88.5%, respectivamente. Para el tratamiento 10 mM si existen diferencias significativas entre categorías, en donde la categoría 3 supera a la 2 en un 88.43%. Por último, en el tratamiento 100 mM se evidencia que la categoría 3, supera a la 2 en un 88.82%. En los tratamientos 10 y 100 mM no se presentaron rendimientos.

Analizando los resultados del rendimiento de frutos por categorías entre tratamientos se muestra que para la categoría 1 no existen diferencias significativas. Para la categoría 2 si existen diferencias significativas entre 10 y 0 mM, en donde el primer tratamiento superó en un 64.1%. A su vez, estos tratamientos son similares a los tratamientos 1 y 100 mM. Para las categorías 3 entre tratamientos, el rendimiento del tratamiento 10 mM, superó a los obtenidos por 0 y 1 mM en un 36.71 y 45.03%, respectivamente. A su vez estos tres tratamientos son similares a la concentración 100 mM.

La categoría 3 presentó mayor rendimiento, es decir aquellos frutos de menor tamaño, todo ello puede atribuirse a que la energía extra brindada por la sacarosa ayuda a la retención de flores, a la división celular en el proceso de cuajado de fruto y por lo tanto en la cosecha final la calidad de los frutos será menor. La distribución de los fotoasimilados será para todos aquellos frutos que se formaron de esta manera existirá mayor competencia por fotoasimilados entre el gran número de frutos que se han formado (Agustí et al., 2003).

Resultados obtenidos por Bonza et al. (2016), en donde se utilizó sacarosa 29 mM de concentración de manera foliar cada 10 días en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* (L.)) y se analizó el rendimiento (t ha^{-1}) en base a la calidad de bulbo regido por su diámetro ecuatorial. En donde el rendimiento de los bulbos de la categoría dos (41 a 70 mm) superaron en un 74.5% a la categoría uno (71 a 90 mm). Valores semejantes a los obtenidos en la experimentación de 88.43% para la categoría pequeños con respecto a frutos grandes en el tratamiento de 10 mM.

Al favorecer el traslado de fotoasimilados hacia los frutos más pequeños, se observarán variaciones en el tamaño de los frutos al final del ciclo (Mújica, 2012). Esto podría estar relacionado con un metabolismo reducido de carbohidratos y fotosíntesis en las plantas debido

a una deficiencia de potasio (K) (Marschner, 2012), ya que un adecuado suministro de K favorece un mejor llenado de los frutos (Balibrea et al., 2006).

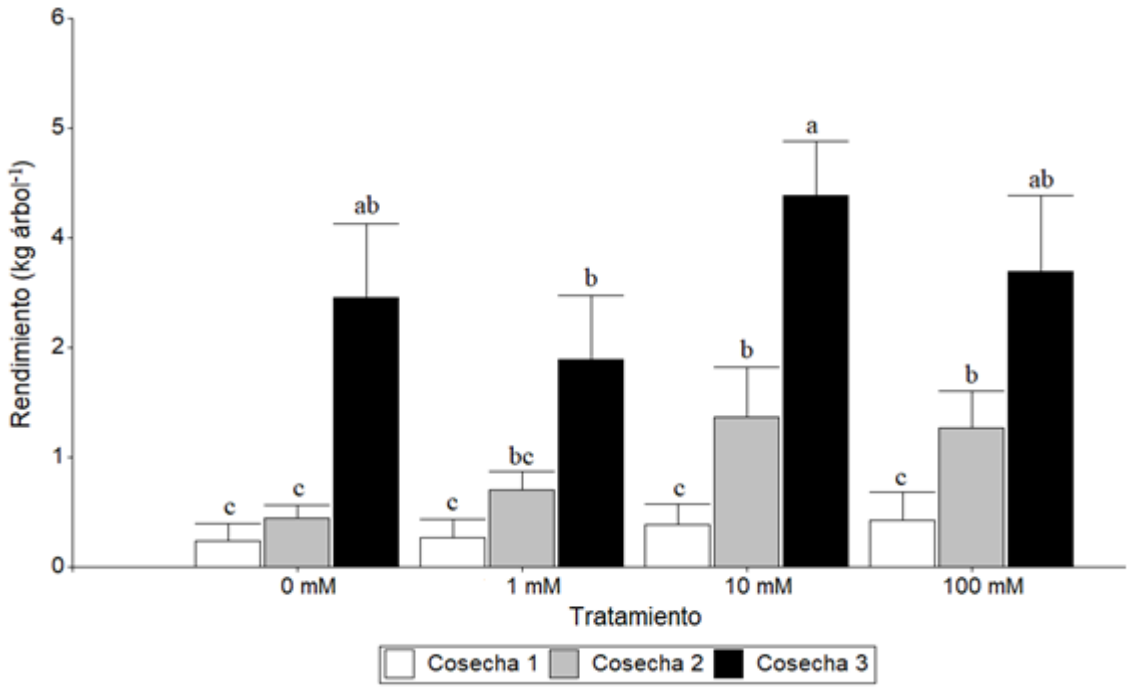
4.4. Rendimiento por cosecha

Para la variable rendimiento por árbol por cosecha, recolectados durante 3 cosechas a lo largo de la investigación, se puede observar en el análisis de varianza de datos no paramétricos con la prueba Kruskal Wallis que existe interacción entre tratamientos y cosechas ($H=44.69$; $p<0.0001$).

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 15, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable rendimiento por árbol por cosecha:

Figura 15

Rendimiento de limón por árbol por cosecha bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Para la variable rendimiento por árbol por cosecha en el tratamiento 0 mM se muestran que en la cosecha 3 el rendimiento superó a la cosecha 1 y 2 en un 90.13 y 81.6%, respectivamente. De igual manera entre las dos primeras cosechas no se presentaron diferencias significativas. Para el tratamiento 1 mM se presentan rendimientos similares en las 3 cosechas. A pesar de ello la cosecha 3 superó ligeramente a las cosechas 1 y 2 en un 86 y 63%, respectivamente. Para el tratamiento 10 mM la cosecha 3 superó a las cosechas 1 y 2 en un 89 y 60%, respectivamente. En el tratamiento 100 mM se presentan rendimientos similares entre las cosechas 2 y 3, a su vez las mismas superan a los obtenidos por la cosecha 1 en un 66 y 84%.

El rendimiento entre tratamientos para la primera cosecha no presentó diferencias significativas. En cuanto a la segunda cosecha los rendimientos de los tratamientos 10 y 100 mM superaron a los registrados por el tratamiento 0 mM en un 67.1 y 65%. De igual manera se evidencia que entre los 3 tratamientos con respecto al 1 mM se presentaron rendimientos similares. En cuanto a la tercera cosecha el rendimiento entre tratamientos 0, 10 y 100 mM no presentaron diferencias significativas. A su vez los rendimientos de los 3 tratamientos superaron al registrado por el de 1 mM en un 23, 44.23 y 30%, respectivamente.

Como bien lo menciona Wolstenholme (2010), a lo largo de las cosechas el rendimiento se ve afectado por la capacidad de los frutales de poder dirigir una alta proporción de carbohidratos disponibles a las estructuras reproductivas como los frutos. En la investigación actual, los árboles aprovecharon de gran manera la sacarosa para aumentar el rendimiento de frutos. En la investigación realizada por Iglesias et al. (2003), en el cultivo de mandarina (*Citrus unshiu* (Mak.) Marc), bajo la aplicación de sacarosa mediante inyección sucesiva en los tallos en una concentración de sacarosa de 292 mM de concentración desde los 30 días después de la antesis hasta los 200 días después de la antesis. El rendimiento fue el mayor con respecto al control, en donde existió un aumento del 25%, en la investigación actual realizando la misma relación entre el tratamiento 10 mM con respecto al control, en la tercera cosecha que fue en donde más se presentaron diferencias significativas y aumentos notables en el rendimiento, existió un aumento del 27.8%.

Citando a Partridge (2009), ocurre totalmente lo contrario en huertos de aguacate y es que luego de una cosecha abundante se presenta otra escasa. Luego de una cosecha abundante las reservas de carbohidratos quedan muy bajas y el árbol no tiene la energía suficiente para la próxima cosecha como se conoce "agotamiento de almidón". En el caso del estudio actual, este fenómeno pudo haberse compensado por la aplicación de sacarosa, ayudando así a los frutales en ciclos estacionales como la floración y fructificación influenciados por factores externos, y de igual manera en la floración, fructificación y la formación de semillas (Lovatt, 2013).

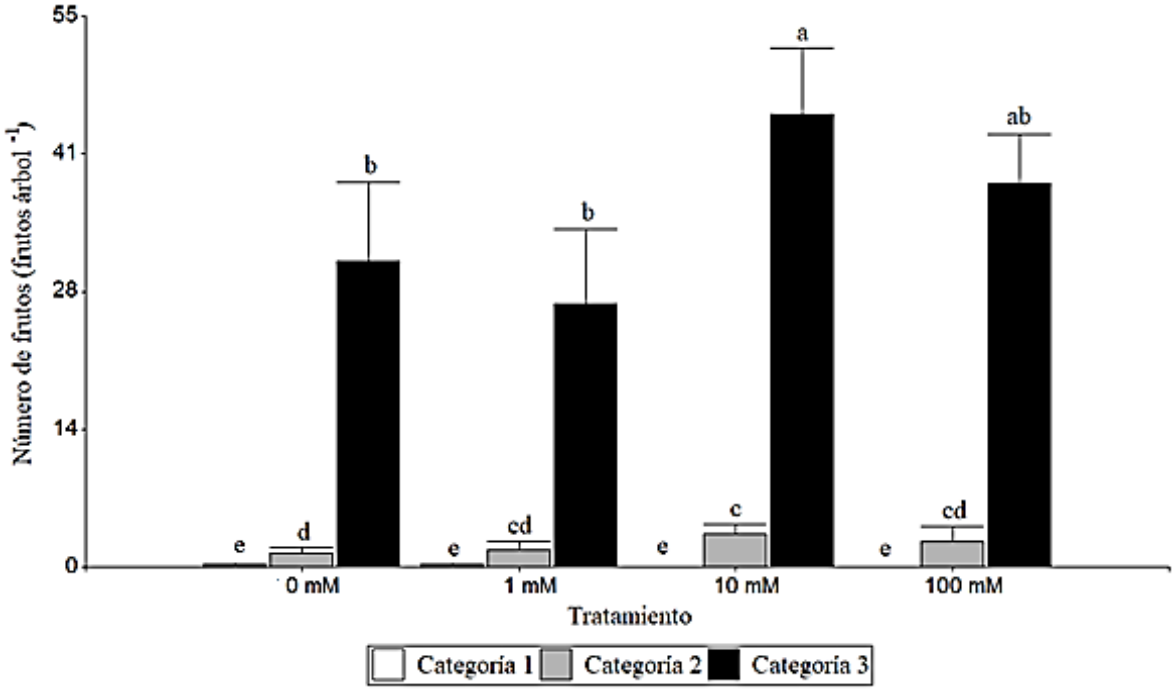
4.5. Número de frutos total de limón por categoría

Para la variable número de frutos por árbol por categoría, recolectados durante las 3 cosechas, se puede evidenciar en el análisis de varianza de datos no paramétricos con la prueba Kruskal Wallis que existe interacción entre tratamientos y categorías ($H=61.89$; $p<0.0001$).

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 16, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable número de frutos por árbol por categoría:

Figura 16

Número de frutos de limón por árbol por categoría bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



En cuanto al número de frutos por árbol por categoría, en los cuatro tratamientos se puede evidenciar la misma tendencia y una clara dominancia de la categoría 3 con respecto a las categorías 2 y 1. En el tratamiento 0 mM el rendimiento de la categoría 3 superó a las categorías 2 y 1 en un 95.3 y 99.5%, respectivamente. Para el tratamiento 1 mM las superó en un 93.5 y 99.5%, respectivamente. Para el tratamiento 10 mM la categoría 3 superó a la 2 en un 93%. Finalmente, en el tratamiento 100 mM, la categoría 3 superó a la 2 en un 93.3%.

Entre tratamientos se evidencia que para la categoría 1 no existen diferencias significativas. En la categoría 2 el rendimiento del tratamiento 10 mM superó a los obtenidos por 0 mM en un 57%. Los mismos tratamientos presentaron resultados similares con respecto a los de 1 y 100 mM. En la categoría 3 el rendimiento del tratamiento 10 mM superó a los obtenidos por 0 y 1 mM en un 32 y 59%, respectivamente. Los 3 tratamientos presentaron resultados similares con respecto al de 100 mM. El número de frutos sobresalió en la categoría 3 en el tratamiento 10 mM, y es que la aplicación de sacarosa ayuda a que las flores puedan fecundar con mayor eficacia al polen dentro del estigma (Parra, 2003). De esta manera entrando en una competencia por fotoasimilados ya que un elevado número de frutos conduce a una disminución del tamaño (Salvador et al., 2006 y Ding et al., 2017).

Pudiéndose así explicar el gran número de frutos (Figura 16) que se obtuvo en el tratamiento 10 mM con respecto al control en donde el 93% de los frutos fueron de la categoría 3. Ding et al. (2017), analizó el rendimiento de árboles con alta, media y baja carga de cultivo y su relación con la calidad de los frutos de manzanos enanos (*Malus domestica* Borkh.). Al analizar aquellos árboles con alta carga de frutos con respecto a los de baja carga de frutos, los frutos fueron de menor tamaño y superaron a los de mayor tamaño en un 44%.

4.6. Diámetro polar de frutos

Para la variable diámetro polar de los frutos se puede observar en el análisis de varianza (Tabla 7), que el valor de p = 0.0396, indica que si existe interacción entre cosechas y tratamientos:

Tabla 7

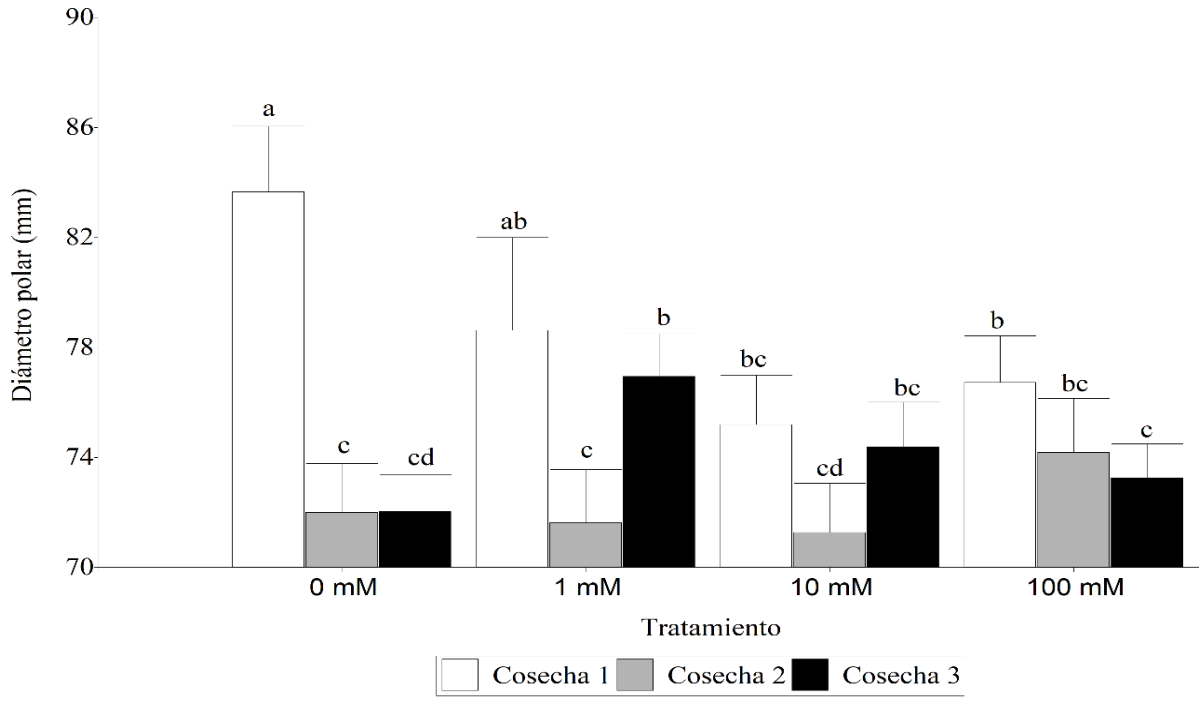
Análisis de varianza de la variable diámetro polar (mm) de frutos de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones

Fuente de variación	glFV	glEx	valor F	valor p
Cosecha	2	146	10.27	0.0001
Tratamiento	3	146	0.81	0.4882
Cosecha: Tratamiento	6	146	2.27	0.0396

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 17, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable diámetro polar de frutos:

Figura 17

Diámetro polar (mm) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Los resultados mostrados en la Figura 17, indican que para la variable diámetro polar en el tratamiento 0 mM de la cosecha 1 superó a los obtenidos por las cosechas 2 y 3 en un 14%, respectivamente. En el tratamiento 1 mM la cosecha 1 superó a la cosecha 2 en un 9%, respectivamente y no se diferenció de la 3. En el tratamiento 10 mM no se presentaron diferencias significativas entre cosechas para el diámetro polar. Por último, en el tratamiento 100 mM la primera cosecha superó a la tercera en un 5% y no se diferenció de la cosecha 2.

Entre los 4 tratamientos en la primera cosecha el mejor resultado para la variable diámetro polar fue en el tratamiento 0 mM superando a los tratamientos 10 y 100 mM en un 10 y 8%, respectivamente. El tratamiento 1 mM presentó resultados similares con respecto a los demás. En la segunda cosecha no se presentaron diferencias significabas entre los 4 tratamientos para el diámetro polar. En la tercera cosecha el diámetro del tratamiento 1 mM superó a los obtenidos por 0 y 100 mM en un 6.4 y 5%, respectivamente. A su vez estos 3 tratamientos presentaron resultados similares con respecto al de 10 mM.

Existe la tendencia a la reducción del diámetro polar del fruto a lo largo de la investigación, de igual manera la Figura 15 muestra una tendencia creciente en el rendimiento a lo largo de las cosechas. Los árboles con una gran cantidad de frutos tienen frutos de menor tamaño, la eficiencia del metabolismo de la sacarosa y la compartimentación subcelular reducen (Salvador et al., 2006 y Ripoll et al., 2014). Salvador et al. (2006), analizaron la calidad del fruto de manzano (*Malus domestica* 'Golden Delicious') el tamaño de los frutos reduce en un 10% en manzanos de alta carga de frutos. En el presente trabajo de investigación, el mayor rendimiento fue en el tratamiento 10 mM y el de menor rendimiento fue el de 0 mM y hubo una diferencia del 3%.

4.7. Diámetro ecuatorial de frutos de limón

Para la variable diámetro ecuatorial de los frutos se puede observar en el análisis de varianza (Tabla 8), que si existe interacción entre cosechas y tratamientos (p = 0.0358):

Tabla 8

Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial (mm) de frutos de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones

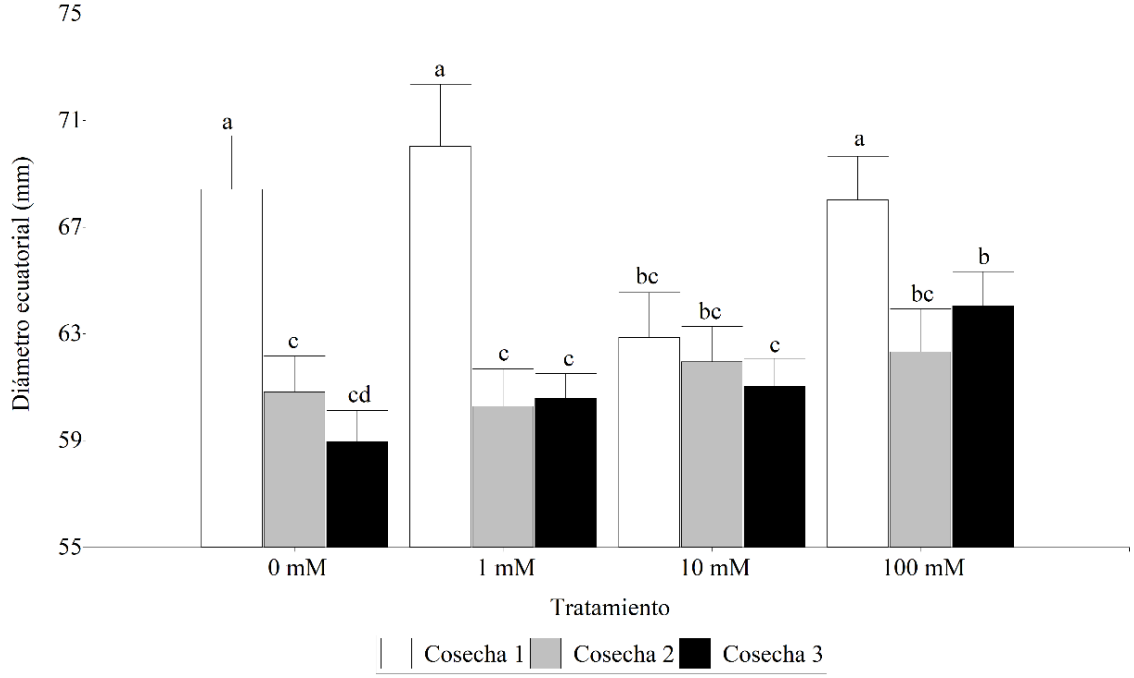
Fuente de variación	glFV	glEx	valor F	valor p
Cosecha	2	146	19.69	<0.0001
Tratamiento	3	146	2.26	0.0837
Cosecha: Tratamiento	6	146	2.32	0.0358

Nota. A lo largo de 5 meses de experimentación se realizaron 3 cosechas, en donde se registró el valor del diámetro de los 15 frutos de cada tratamiento.

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 18, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable diámetro ecuatorial de frutos:

Figura 18

Diámetro ecuatorial (mm) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Los resultados mostrados para la variable diámetro ecuatorial en el tratamiento 0 mM la cosecha 1 superó a la cosecha en un 2 y 3 en un 11.1 y 13.8%, respectivamente. En el tratamiento 1 mM la cosecha 1 superó a la cosecha 2 y 3 en un 13.9 y 13.5%, respectivamente. En el tratamiento 10 mM no se presentaron diferencias significativas entre cosechas. Por último, en el tratamiento 100 mM la primera cosecha mostró mejores resultados para el diámetro ecuatorial ya que superó a la cosecha 2 y 3 en un 8.4 y 5.9%, respectivamente.

Entre los 4 tratamientos en la primera cosecha el diámetro ecuatorial en los tratamientos 0, 1 y 100 mM presentaron resultados similares. A su vez los diámetros ecuatoriales de los 3 tratamientos superaron al obtenido por el de 10 mM en un 8, 10 y 7.6%, respectivamente. En la segunda cosecha no se presentaron diferencias significativas entre los 4 tratamientos. En la tercera cosecha el mejor tratamiento para la variable diámetro ecuatorial resultó en el tratamiento 100 mM superando a los tratamientos 0, 1 y 10 mM en un 7.9, 5.4 y 4.7%, respectivamente, mismos que presentaron resultados similares. Se puede evidenciar que la sacarosa aplicada en concentración de 10 mM mejoró aspectos de rendimiento (Figura 12) y número de frutos (Figura 13), y afectando aspectos de calidad del fruto, ya que la alta competencia de fotoasimilados reduce el metabolismo de los mismos (Agustí et al., 2003).

Bonza et al. (2016), utilizó sacarosa 29 mM de concentración de manera foliar cada 10 días en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* (L.)). Se muestra que los bulbos de la categoría dos (41 a 70 mm) superaron en rendimiento en un 74.5% a la categoría uno (71 a 90 mm). La presente investigación indica que el valor más bajo de diámetro ecuatorial fue el de 10 mM con 62 mm con respecto al tratamiento 1 mM con 65 mm. A su vez el tratamiento 10 mM superó a 1 mM en un 44%.

4.8. Peso del fruto (g) de limón

Para la variable peso individual de los frutos se puede observar en el análisis de varianza (Tabla 9), indica que si existe interacción entre cosechas y tratamientos (p = 0.0121):

Tabla 9

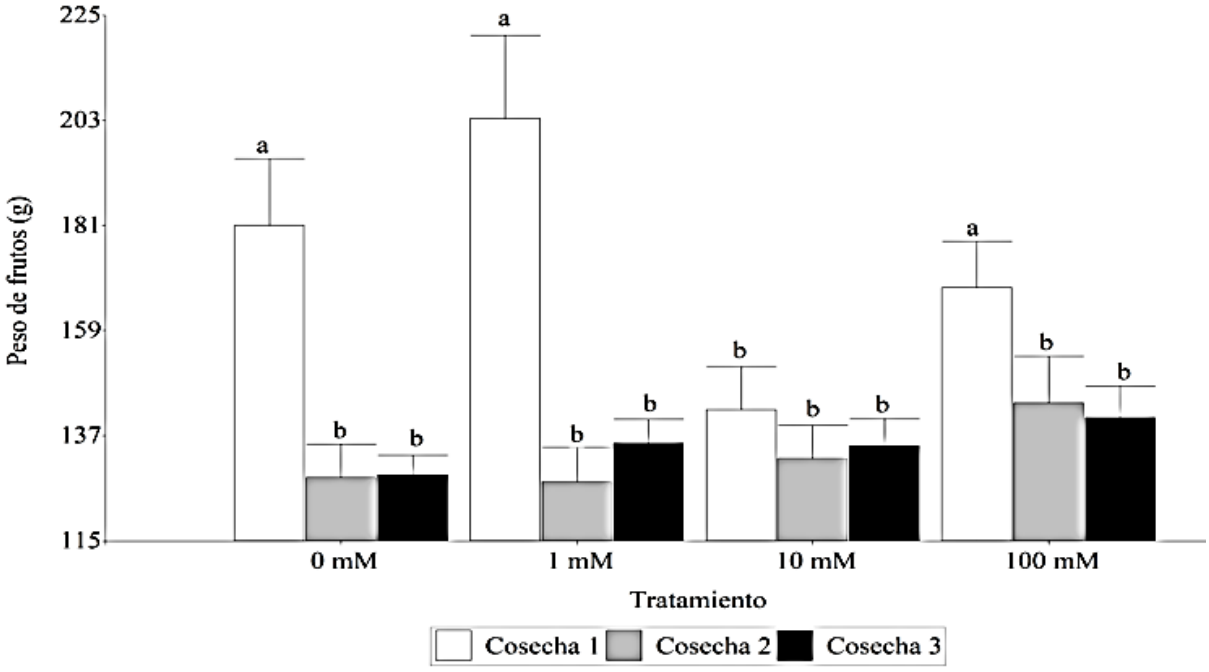
Análisis de varianza de la variable peso del fruto (g) de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones

Fuente de variación	glFV	glEx	valor F	valor p
Cosecha	2	146	21.24	<0.0001
Tratamiento	3	146	2	0.1163
Cosecha: Tratamiento	6	146	2.84	0.0121

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 19, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable peso del fruto de limón (g):

Figura 19

Peso del fruto de limón (g) bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Los resultados mostrados en la Figura 19, indican que para la variable peso del fruto entre los tratamientos 0, 1 y 100 mM la primera cosecha siempre superó a las cosechas 2 y 3. En el primer tratamiento mencionado la primera cosecha superó a las cosechas 2 y 3 en un 29.1 y 28.8%, respectivamente. En el tratamiento 1 mM la cosecha 1 superó a la cosecha 2 y 3 en un 37.4 y 46.7%, respectivamente. En el tratamiento 100 mM la primera cosecha el peso del fruto superó a las cosechas 2 y 3 en un 14.3 y 16%, respectivamente. Por último, en el tratamiento 10 mM no se presentaron diferencias significativas entre cosechas.

Entre los 4 tratamientos en la primera cosecha no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 0, 1 y 100 mM. Mismos tratamientos que superaron el peso del fruto con respecto al de 10 mM en un 21, 30 y 15%. En la segunda y tercera cosecha no se presentaron diferencias significativas entre los 4 tratamientos.

La aplicación de sacarosa disminuye la competencia entre órganos en el árbol, produciendo de esta manera mayor número de frutos como bien lo muestra la Figura 13 en el tratamiento 10 mM, pero de menor peso individual debido a la gran cantidad de frutos cuajados (Agustí et al., 2003). De acuerdo a Cabezas (2010), en donde se analizó la aplicación de sacarosa de manera foliar a una concentración de 294 mM semanalmente bajó el cultivo de naranja. El peso promedio de los frutos presentó un incremento de los frutos en un 7% en relación al tratamiento control. De acuerdo con los datos obtenidos el uso de sacarosa en una concentración de 1 mM el peso aumentó en un 6% con relación al tratamiento control. Prakash et al. (2022), indica que la aplicación de sacarosa a una concentración de 147 mM de manera foliar en frutales de noni (*Morinda citrifolia* (L.)) en dos aplicaciones (primera en la etapa de floración - fructificación y segunda luego de 3 semanas) incrementa el peso promedio de los frutos en un 24% en relación al control.

Por otro lado, aquel tratamiento 10 mM con el mayor rendimiento mostrado en la Figura 12, fue aquel tratamiento con menor peso promedio del fruto 7% menos en relación al control. Salvador et al. (2006), analizaron la calidad el fruto de árboles de manzano “Golden Delicious” (*Malus domestica* 'Golden Delicious') el peso de los frutos reduce en un 25% en manzanos de alta carga de frutos en relación a los de carga estándar. Inconveniente que puede compensarse con actividades como el aclareo de frutos de esta manera ayudando a la división - expansión celular a la par, resultando así en un aumento de la calidad del fruto (Njoroge y Reighard, 2008).

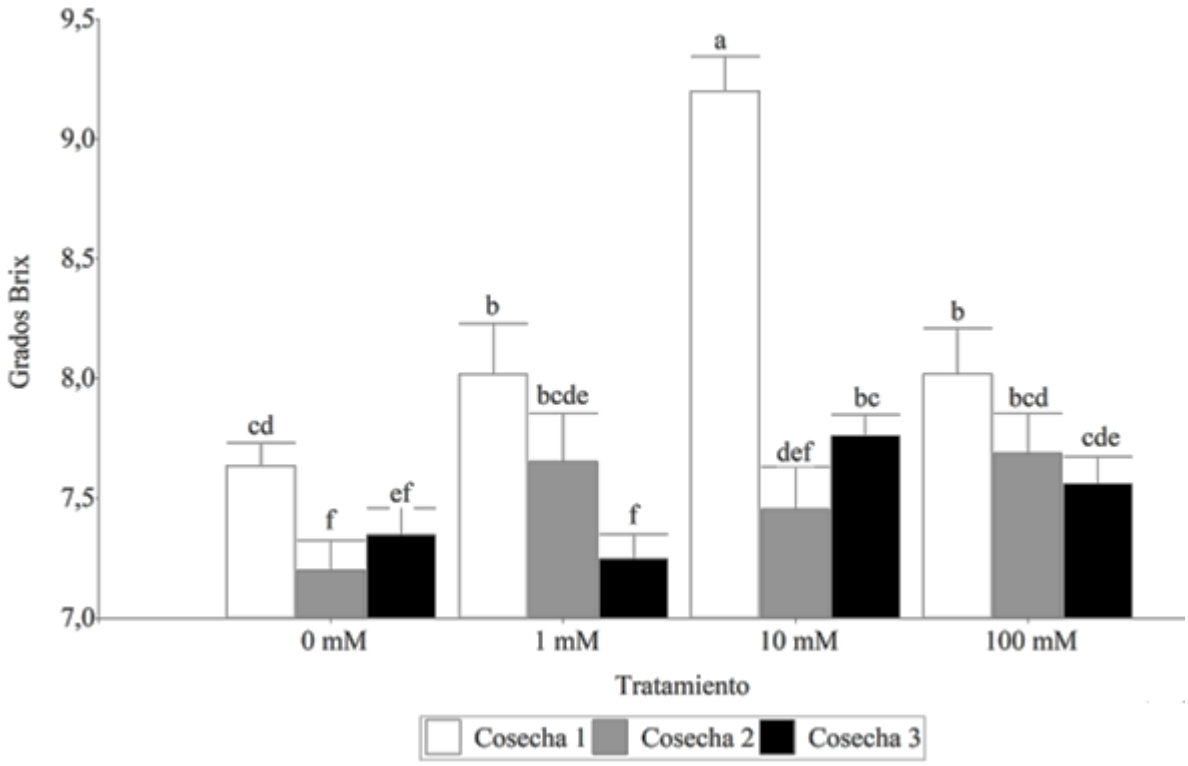
4.9. Grados Brix de frutos de limón

Para la variable grados Brix de los frutos por cosecha se puede observar en el análisis de varianza de datos no paramétricos con la prueba Kruskal Wallis que existe interacción entre tratamientos y cosechas (H=59.19; p<0.0001).

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 20, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable grados Brix de frutos:

Figura 20

Grados Brix (°B) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Los resultados enunciados en la Figura 20, indican que para la variable grados Brix por cosecha en el tratamiento 0 mM no existen diferencias significativas en las cosechas 2 y 3. Mismas que fueron superadas por la cosecha 1 en un 5.8 y 3.8%, respectivamente. En el tratamiento 1 mM la cosecha 1 y 2 presentaron resultados similares, A su vez las mismas superaron a la cosecha 3 en un 9.5 y 5%, respectivamente. En el tratamiento 10 mM la primera cosecha superó a las cosechas 2 y 3 en un 19 y 15.7%. Por último, en el tratamiento 100 mM la primera cosecha mostró mejores resultados para los grados Brix ya que superó a la segunda y tercera cosecha en un 4.11 y 5.7%, respectivamente, mismas que no se diferenciaron estadísticamente.

Entre los 4 tratamientos en la primera cosecha el mejor resultado para la variable grados Brix fue en el tratamiento 10 mM superando a los tratamientos 0, 1 y 100 mM en un 17 y 12.8%, respectivamente. A su vez entre los tratamientos 1 y 100 mM no se presentaron diferencias significativas y superaron a 0 mM en un 5%. En la segunda cosecha no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 1, 10 y 100 mM. Los grados Brix en los tratamientos 1 y 100 mM fueron similares y superaron 0 mM en un 6%. En la tercera cosecha el mejor tratamiento fue el de 10 mM superando a los tratamientos 0 y 1 mM en un 5 y 7%, respectivamente. A su vez los 3 tratamientos presentaron resultados semejantes a los obtenidos por los de 100 mM.

Los disacáridos en los espacios libres de difusión de la hoja, son rápidamente incorporados al simplasto y de esta manera aumenta la eficiencia en el metabolismo y transporte de la sacarosa hacia los órganos demanda (Ripoll et al., 2014). En este caso los altos valores de grados Brix están asociados con la eficiencia de la fuente para realizar el transporte y metabolismo del azúcar, disminuyendo así la carboxilación, la transpiración y aumentando la eficiencia del agua (Zhenming et al., 2008).

De acuerdo con los resultados obtenidos por Cabezas (2010), los grados Brix bajo la aplicación de sacarosa de manera foliar a una concentración de 294 mM semanalmente bajó el cultivo de naranja Sweet Orange (*Citrus sinensis (*L.)) en relación al tratamiento control superaron en un 9%. Datos que se asemejan con lo obtenido en el presente experimento en donde el tratamiento 10 mM superó en un 5% al tratamiento control. Prakash et al. (2022), indica que la aplicación de sacarosa a una concentración de 588 mM de manera foliar en frutales de noni (*Morinda citrifolia* (L.)) en dos aplicaciones (primera en la etapa de floración - fructificación y segunda luego de 3 semanas) incrementa los grados Brix en un 4% con respecto al control.

En el presente estudio, los frutos más grandes se presentaron en el tratamiento 10 mM (74 mm) y los más grandes en el tratamiento 0 mM (75.89 mm) y los superaron en grados Brix en un 5%. Corroborando así lo mencionado por Salvador et al. (2006), en donde los frutos de manzanos (*Malus domestica* 'Golden Delicious') con grados Brix altos fueron los más pequeños (60 – 65 mm) superando en un 4% a los frutos más grandes (80 – 85 mm). Y es que los frutos más pequeños cuentan con un menor volumen celular y proporción de espacios intercelulares, reteniendo así menor contenido de agua y evitando la dilución de los sólidos solubles totales.

4.10. Espesor de la corteza de frutos de limón

Para la variable espesor de la corteza de los frutos se puede observar en el análisis de varianza (Tabla 10), que el valor de p es 0.0029, lo cual indica que si existe interacción entre tratamientos y cosechas:

Tabla 10

Análisis de varianza de la variable espesor de la corteza de frutos de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones

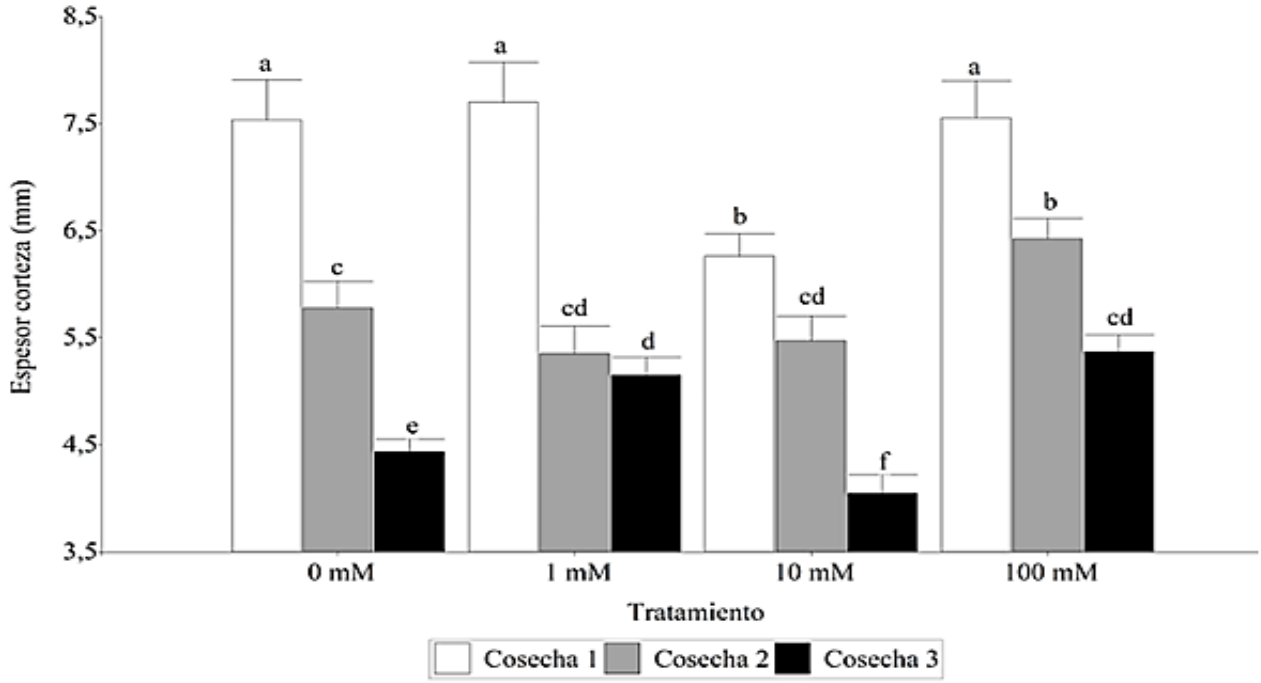
Fuente de variación	glFV	glEx	valor F	valor p
Tratamiento	3	146	15.59	<0.0001
Cosecha	2	146	107.61	<0.0001
Tratamiento: Cosecha	6	146	3.50	0.0029

Nota. A lo largo de 5 meses de experimentación se realizaron 3 cosechas, en donde se registró el valor del espesor de la corteza de cada uno de los 15 frutos de cada tratamiento.

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 21, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable espesor de la corteza (mm) del fruto:

Figura 21

Espesor de la corteza (mm) de frutos de limón bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Los resultados enunciados en la Figura 21, indican que para la variable espesor de la corteza en el tratamiento 0 mM si existen diferencias significativas. En donde la primera cosecha

superó a la segunda y tercera cosecha en un 23.3 y 41%, respectivamente. En el tratamiento 1 mM la cosecha 1 superó a la cosecha 2 y 3 en un 30.52 y 33.12%, respectivamente. En el tratamiento 10 mM la primera cosecha superó a las cosechas dos y tres en un 12.6 y 35.3%. Por último, en el tratamiento 100 mM la primera cosecha mostró valores más altos para el espesor de la corteza ya que superó a la segunda y tercera cosecha en un 15 y 29%, respectivamente.

Entre los 4 tratamientos en la primera cosecha los tratamientos 0, 1 y 100 mM no presentaron diferencias significativas, siendo el único tratamiento diferente estadísticamente el de 10 mM viéndose superado por los demás en un 17 y 18.9 y 28%, respectivamente. En la segunda cosecha no hubo diferencias significativas entre los tratamientos 0, 1 y 10 mM, siendo el único tratamiento diferente estadísticamente el 100 mM y que supera a los demás en un 10, 17 y 15%, respectivamente. En la tercera cosecha el tratamiento que mostró valores más altos de espesor de la corteza fue 100 mM superando a los tratamientos 0 y 10 mM en un 17.3 y 24.6%, respectivamente. El tratamiento 1 mM superó a los obtenidos por 0 y 10 mM en un 14 y 21%, respectivamente.

La mayor disponibilidad de carbohidratos hizo que esta compensación hizo que exista un mayor aporte de sustancias traslocadas en el floema. Especialmente azúcares y potasio, lo cual aumenta la tasa de llenado de jugos en las células de los frutos, de esta manera disminuyendo la corteza y aumentando el llenado de pulpa (Morinaga et al., 2002).

En este caso el menor espesor de corteza se presentó en el tratamiento 10 mM de sacarosa el cual fue superado en un 11% por el tratamiento control. Lo cual de acuerdo a Cabezas (2010), en donde evaluó la aplicación de sacarosa de manera foliar a una concentración de 294 mM semanalmente bajó el cultivo de naranja Sweet Orange (*Citrus sinensis (*L.)) se puede deducir el espesor de la corteza aproximado gracias a datos mostrados en la investigación como el porcentaje de jugo, calibre y peso del fruto. Obteniendo que, el espesor de la corteza redujo en un 5% bajo la aplicación de sacarosa en relación al tratamiento control.

4.11. Abundancia de insectos benéficos y plaga.

Para la variable abundancia de insectos benéficos y plaga en árboles de limón se puede observar en el análisis de varianza (Tabla 11), que el valor de p es 0.0015. Lo cual indica que si existe interacción entre tratamientos e insectos:

Tabla 11

Análisis de varianza de la variable abundancia de insectos benéficos y plaga de árboles de limón tratados con soluciones de sacarosa a diferentes concentraciones

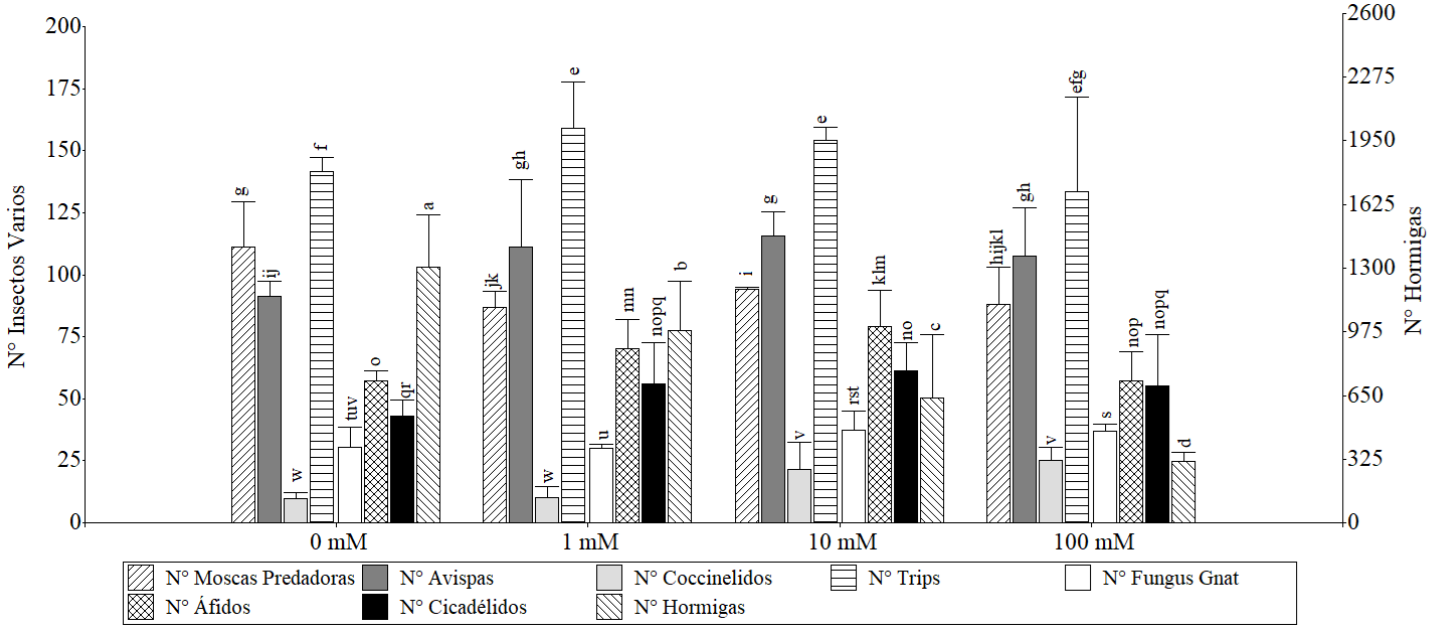
Fuente de variación	glFV	glEx	valor F	valor p
Tratamiento	3	62	4.39	0.0073
Insectos	7	62	150.15	<0.0001
Tratamiento: Insectos	21	62	2.65	0.0015

Nota. A lo largo de 5 meses de experimentación se realizaron 15 monitoreos, en donde se registró el número de insectos observados en el microscopio.

A continuación, se puede evidenciar en la Figura 22, la interacción entre los 4 tratamientos para la variable abundancia de insectos benéficos y plagas de árboles de limón:

Figura 22

Abundancia de insectos benéficos y plagas (N° de insectos), monitoreados en las 3 trampas colocadas en cada tratamiento bajo 10 aplicaciones de sacarosa, en distintas concentraciones.



Los resultados mostrados en la Figura 22, indican que, para la variable abundancia de insectos benéficos y plagas, en el tratamiento 0 mM si existen diferencias significativas entre las 8 especies de insectos mostradas. En donde aquel insecto que sobresale son las hormigas ya que supera a los trips, moscas predadoras, avispas, áfidos, cicadélidos, fungus gnat y coccinélidos en un 89.4, 91.7, 93.2, 95.8, 96.8, 97.7 y 99.3%, respectivamente. En el tratamiento 1 mM, los insectos que predominan son nuevamente las hormigas ya que superó a los trips, avispas, moscas predadoras, áfidos, cicadélidos, fungus gnat y coccinélidos en un 84.2, 89, 91.4, 93.1, 94.4, 97 y 98.9%, respectivamente.

En el tratamiento 10 mM como en el caso anterior las hormigas superan a las demás especies en un 76.5, 82.3, 85.6, 87.9, 90.6, 94.3 y 97%, respectivamente. Por último, en el tratamiento 100 mM existe la misma tendencia que en los dos tratamientos anteriores en donde las hormigas superaron a los demás insectos en un 58.8, 67, 73, 82.3, 83, 89 y 92.3%, respectivamente.

Entre los 4 tratamientos el número de hormigas si presentó diferencias significativas, en donde el tratamiento 0 mM superó en un 25, 51.2 y 76% respecto de los tratamientos 1, 10 y 100 mM. El número de trips en los tratamientos 1, 10 y 100 mM no presentó diferencias significativas. A su vez el tratamiento 0 mM si presentó diferencias significativas y fue superado en un 11 y 8% con respecto a los tratamientos 1 y 10 mM que fueron similares.

El número de avispas no presentó diferencias significativas entre los tratamientos 1, 10 y 100 mM, siendo el único tratamiento diferente estadísticamente el de 0 mM viéndose superado por los demás en un 17.7, 21 y 15.2%, respectivamente. En cuanto al número de moscas predadoras el tratamiento 0 mM se diferencia estadísticamente y es superior, en un 22.2, 16 y 21% con respecto a los tratamientos 1, 10 y 100 mM.
Entre los 4 tratamientos en el número de áfidos, los tratamientos 1 y 10 mM presentaron resultados similares y superaron al tratamiento 0 mM en un 19 y 28%, respectivamente. A su vez el tratamiento 100 mM presentó resultados similares con respecto al tratamiento 0 mM y fue superado por el tratamiento 10 mM en un 27%. Entre los 4 tratamientos el número de cicadélidos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos 1, 10 y 100 mM. En donde el tratamiento 0 mM presentó resultados similares con los de 1 y 100 mM. A su vez fue superado por 10 mM en un 30%.

Para el número de fungus gnat, los tratamientos 10 y 100 mM presentaron resultados similares y el primero superó a los tratamientos 0 y 1 mM en un 19 y 20%. De igual manera 100 mM superó a los tratamientos 0 y 1 mM en un 18%, respectivamente. Se presenta la misma tendencia para el número de coccinélidos en donde el tratamiento 10 mM y 100 mM son similares y en donde 10 mM supera a los tratamientos 0 y 1 mM en un 55 y 52%, respectivamente. De igual manera el número de coccinélidos de 100 mM supera a los registrados por los de 0 y 1 mM en un 61.32 y 58.68%, respectivamente. A su vez los tratamientos 10 y 100 mM no presentaron diferencias significativas.

Es evidente la clara dominancia en presencia de las hormigas ante las demás especies en estudio, es de recalcar la clara disminución en el número de insectos a medida que la

concentración de sacarosa aumenta. Cabe mencionar acerca de la relación de mutualismo que existe entre hormigas y áfidos, en donde las hormigas ofrecen defensa ante sus principales predadores a cambio de alimento (Duque et al., 2021).

Los carbohidratos aplicados de manera exógena en el estudio pudieron haber sido causa de la disminución o menor actividad de hormigas y es que una solución que tenga una presión osmótica mayor que la hemolinfa, puede afectar al sistema digestivo tanto de áfidos como de hormigas, Por ende, podría explicarse la clara reducción tanto de hormigas como de áfidos en el tratamiento 100 mM (Vantaux et al., 2011).

De acuerdo a Wäckers et al. (2017), en donde probó el azúcar Biogluc®, una solución de azúcar diluida 1:1 con agua. Con una concentración de 730 mM colocada en botellas plásticas de 250 ml selladas con una tapa perforada de 28 mm de diámetro. Se colocaron cinco botellas de azúcar por árbol, boca abajo en las ramas principales del árbol, debajo de las colonias de pulgones. En donde la asistencia de hormigas como de áfidos se ve reducida en un 75% cuando existe una fuente externa de sacarosa aplicada en las ramas de árboles cítricos, datos que concuerdan con la investigación ya que existe una reducción de hormigas y de áfidos en un 73%.

De esta manera se crea una distracción para las hormigas al preferir las fuentes externas de sacarosa que la melaza producida por los áfidos, ya que teniendo en cuenta que el número promedio de áfidos en toda la investigación fue de 4 especímenes, podría decirse que se reguló la presencia de áfidos y se logró romper la relación de mutualismo (Nagy et al., 2013). Investigación en la cual se usó 0.5 ml de una fuente de sacarosa a una concentración de 70 mM, solución colocada en 20 alimentadores, cada alimentador era un tubo Eppendorf, y se ubicaron alrededor del tronco principal a una altura de 20 cm del suelo.

La disponibilidad de una fuente externa de sacarosa para enemigos naturales como las avispas, coccinélidos y moscas predadoras o dípteros, brinda una mayor posibilidad de sobrevivencia, aproximadamente el 83% mayor posibilidad de aumentar el ciclo de vida para las avispas, y es que una fuente externa de sacarosa brinda mayores posibilidades de poder satisfacer las necesidades fisiológicas y alimenticias de los enemigos naturales, investigación en la cual se confinaron 20 avispas hembras en vasos plásticos de 118 ml, y se les proporcionó un trozo de mecha dental empapada en una solución de azúcar a una concentración 294 mM (Rogers y Potter, 2004).

De acuerdo a Wäckers (2017), la disponibilidad de fuentes externas de azúcar de alta pureza en árboles de cítricos incrementa el número de avispas, coccinélidos y moscas predadoras en un 30, 61 y 80%, en la experimentación actual hubo un aumento de avispas y coccinélidos del 21 y 61.3%, pero en el caso de las moscas predadoras disminuyeron en un 21%, Podría deberse a que la menor presencia de insectos a los cuales depredar como son los áfidos fue mínima a lo largo de la investigación, ya que se conoce que este tipo de dípteros son en su mayoría carnívoros (Bello et al., 2020).

Cloyd y Gillespie (2012), mencionan que la sacarosa a una concentración de 3.5 mM en condiciones de laboratorio en placas Petri con papel filtro, se colocó una gota de la solución en el papel, y se obtuvo que los trips no prefieren como alimento a fuentes externas de sacarosa, En el presente estudio llevado a cabo, se presentaron resultados similares en donde la presencia de trips no fue mayor en los tratamientos con sacarosa. Esto podría explicarse debido a que los trips tienen mayor preferencia hacia mejores opciones de alimento con mayor valor nutricional como el polen de las flores que les brinda el valor proteico necesario para funciones como crecimiento larvario, maduración sexual y puesta de huevos (Hulshof & Vänninen, 2002).

En cuanto a la especie como Fungus Gnat no se presentaron mayores cambios ni reaccionaron de manera sorpresiva ante la aplicación de sacarosa. Y es que la base alimenticia de la especie Fungus Gnat se basa en hongos o de hojarasca que cuente con micelios en especial las larvas son micófagas (Jakovlev, 2012). En cuanto a los cicadélidos no presentaron mayores diferencias ante el suministro de una fuente exógena de sacarosa, en lugar de ello son especies que tienen comportamientos alimenticios fitófagos gracias a su aparato picador – succionador, buscan el vaso floemático adecuado (Carpane et al., 2011).

Krugner y Backus (2014), indican que son especies muy susceptibles a la alteración de la tensión del fluido del xilema a tensiones negativas las visitas de cicadélidos se redujeron en un 50%. La poca disponibilidad de agua en los árboles hospedadores disminuye las poblaciones. En el presente experimento, redujeron en un 22%, podría suponerse que de esta manera la aplicación de sacarosa si está ayudando a la capacidad de las plantas de realizar estas funciones en el xilema y floema, de esta manera brindando ciertas condiciones que favorecen la reproducción de cicadélidos.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La sacarosa a una concentración 10 mM resultó en mayor número de frutos y rendimiento por árbol. A su vez, el mismo tratamiento permitió incrementos en rendimiento a partir de la segunda cosecha. Por otro lado, la sacarosa a una concentración de 100 mM a pesar de ser la dosis más alta de energía no resultó ser tan eficiente bajo las variables mencionadas, ni eficaz en cuanto a la optimización de insumos.
- En cuanto al rendimiento y número de frutos en las categorías de frutos medianos y pequeños, mejoraron notablemente bajo la aplicación de sacarosa 10 mM. La concentración de sacarosa 100 mM, no resulta en incrementos importantes ni eficiencia de insumos. La aplicación de sacarosa a una concentración de 10 mM en la primera cosecha muestra una disminución con respecto al peso, el diámetro polar y ecuatorial de los frutos. En las dos cosechas restantes las aspersiones de sacarosa no mostraron efectos importantes. Aspectos como grados Brix y espesor de la corteza de los frutos, bajo las distintas concentraciones de sacarosa mejoraron desde la primera cosecha en adelante, al mostrar valores altos de grados Brix y cortezas más finas en los frutos.
- Las poblaciones de coccinélidos incrementan bajo las aplicaciones de sacarosa 10 y 100 mM. Al igual que, todos los tratamientos con sacarosa, incrementan la presencia de avispas parasitoides. Así como también reducen la presencia de hormigas y moscas predadoras. Al aplicar sacarosa a concentraciones de 1 y 10 mM la abundancia de áfidos y trips se ve ligeramente favorecida. Insectos plagas como cicadélidos y fungus gnat incrementan su abundancia bajo aspersiones de sacarosa de 10 y 100 mM de concentración. Puede observarse cierto equilibrio entre la abundancia de insectos benéficos con insectos plagas, de esta manera no se generan afectaciones en la producción de cítricos.

5.2 Recomendaciones

De acuerdo a la investigación realizada, para futuras investigaciones se muestran a continuación ciertas sugerencias:

- Realizar el conteo del número de flores en los árboles y poder relacionarlo con el rendimiento final de frutos. De esta manera poder observar que efecto tuvo la aplicación de sacarosa en el aporte de energía que tiene en esta fase que es la más exigente en los frutales.
- Registrar los datos en cuanto a la calidad fitosanitaria de los frutos que han presentado daños físicos o por plagas. Y así poder brindar datos precisos sobre el efecto que tiene la sacarosa sobre este aspecto y como esto afectará el acceso de mercado debido a daños en los frutos.
- Investigar como las tasas fotosintéticas en los árboles bajo la aplicación de sacarosa se ve afectada. Y por tanto si este proceso en las plantas se ve afectado de manera positiva o negativa, como consecuencia de ello el exceso de la aplicación de sacarosa podría tener efectos negativos.
- Aplicar diferentes fuentes de energía que tengan el mismo modo de acción como compensación de fuentes de carbohidratos. Como, por ejemplo, azúcar de consumo, o productos como la melaza y poder relacionar estos datos y analizar la relación beneficio/costo.

REFERENCIAS

Agustí, M., Martínez, A., Mesejo, C., Mariano, J, y Almela, V. (2003). *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos.* Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. http://hdl.handle.net/20.500.11939/8074

Alia, I., Gaona, A., Valdez, L., Ariza, R., Lugo, A., & Villegas, O. (2012). *Manejo de nutrición de limón persa y naranja valencia en el estado de Morelos* (Folleto técnico No. 57). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Ancillo, G. y Medina, A. (2014). *Monografías botánicas. Jardín Botánico de la Universitat de València* (2.ª ed.). Universitat de València E. G. http://jardibotanic.org/fotos/pdf/publicacion_2_84_LOS_CITRICOS-ESP.pdf

Arigita, L., Gonzalez, A. y Tamés, R. (2002). Influence of CO_2 and sucrose on photosynthesis and transpiration of *Actinidia deliciosa* explants cultured in vitro. *Physiologia Plantarum*, *115*, 166-173.

Balibrea, M., Martínez-Andújar, C., Cuarteto, J., Bolarín, M. y Pérez, F. (2006). The high fruit soluble sugar content in wild Lycopersicon species and their hybrids with cultivars depends on sucrose import during ripening rather than on sucrose metabolism. Funct. Plant Biol. 33(3): 279-288. https://doi.org/10.1071/FP05134

Banco Central Del Ecuador [BCE]. (2024). Estadísticas de comercio exterior de bienes - Exportaciones / por Producto Principal y Subpartida – Ecuador. https://sintesis.bce.fin.ec/BOE/OpenDocument/2303281959/OpenDocument/opendoc/openDocument.jsp?logonSuccessful=true&shareId=5

Bello, F., Estrada, A., & Sandoval, C. (2020). Diversity of robber flies (Diptera: Asilidae) in a Tropical Deciduos Forest of Central Mexico. *Acta zoológica mexicana*, *36*, 1-13. https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612281

Bonza, M., Pinzón, E., & Álvarez, J. (2016). Efecto del nitrato de potasio y la sacarosa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (Allium cepa L.). *Temas Agrarios, 21*(2), 40-50. https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.900

Cabezas, M., y Rodríguez, C. (2010). Técnicas hortícolas para optimizar el tamaño y la calidad del fruto del naranjo (*Citrus sinensis* L.). *Agronomía Colombiana 28*(1), 55-62. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652010000100007.

Calamar, A. y De Klerk, G. (2002). Effect of sucrose on adventitious root regeneration in apple. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 70* (2), 207-212. http://dx.doi.org/10.1023/A:1016356123367

Cañarte, E. y Navarrete C. (2019, del 24 al 25 de octubre). Situación fitosanitaria de los cítricos en Ecuador [conferencia]. *II Simposio Internacional Producción Integrada de Frutas 2019*, Quito, Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/337060092

Carrillo, O., López, A. y Medrano, R. (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. *Revista Agrociencia*, *39*(2), 195-204. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239207

Carpane, P., Wayadande, A., Backus, E., Dolezal, W. y Fletcher, J. (2011). Characterization and correlation of new electrical penetration graph waveforms for the corn leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae). *Annals of the Entomological Society of America, 104* (3), 515–525. https://doi.org/ 10.1603/AN10052

Chen, Q., Zhand, J. & Li, G. (2021). Dynamic epigenetic modifications in plant sugar signal transduction. *Trends in Plant Science, 27*(4), 379-390. https://doi.org/ 10.1016/j. tplants.2021.10.009.

Chiou, T. y Bush, D. (1998). Sucrose is a signal molecule in assimilate partitioning, Proc. *Natl. Acad. Sci. U.S.A. 95* (8) 4784-4788, https://doi.org/10.1073/pnas.95.8.4784.

Global Biodiversity Information Facility [GBIF]. (2022). Citrus ×limon (L.) Osbeck in GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/39omei

Cloyd, R., & Gillespie, J. (2012). Effect of Sugar-based Compounds in Enhancing the Efficacy of Insecticides against the Western Flower Thrips. *HortTechnology, 22*(2), 177-184. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.22.2.177

Cortez, H. (2024). Conservación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* y su impacto en Huanglongbing: Análisis y perspectivas. *Revista Mexicana de Fitopatología, 42*(2), 22. https://doi.org/10.18781/R.

Ding, N., Chen, Q., Zhu, Z., Peng, L., Ge, S. y Jiang, Y. (2017). Effects of crop load on distribution and utilization of 13C and 15N and fruit quality for dwarf apple trees *Scientific Reports*, *7* (1). 14172. https://doi.org/10.1038/s41598-017-14509-3

Duque, D., Arenas, A., Posso, A. y Toro, N. (2021). Mutualistic interaction of aphids and ants in pepper, Capsicum annuum and Capsicum frutenscens (Solanaceae). *Revista de Biología Tropical*, *69*(2), 626-639. https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.43429

Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres [EEAOC]. (2019, del 11 al 14 de junio). Limones del noroeste argentino Hacia una mayor producción exportable [congreso]. *IX Congreso Argentino de Citricultura*, Ciudad de La Plata, Argentina. https://www.eeaoc.org.ar/wp-content/uploads/2019/06/avance40-1-el-color-del-limon.pdf

Fila, G., Ghashghaie, J., Hoarau, J. y Cornic, G. (2008). Photosynthesis, leaf conductance and water relations of in vitro cultured grapevine rootstock in relation to acclimatization. *Physiologia Plantarum*, *102* (3), 411-418. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1998.1020309.x

GAD Municipal de Antonio Ante, Chaltura. (2022). Condiciones de Chaltura. Obtenido de https://www.antonioante.gob.ec/AntonioAnte/chaltura/#:~:text=La%20parroquia%20de%20San%20Jos%C3%A9%20de%20Chaltura%20presenta%20un%20clima,14%20oC%20en%20la%20parte

Gao, S., Gao, Y., Yang, Y., Jia, L., & Weng, X. (2022). Exogenous Sucrose Supply Regulates the Physiological Index Levels Before the Flower Blooming and Fruit Abscission Stages in the Biodiesel Tree *Sapindus mukorossi* Gaertn. *HortScience*, *57*(11), 1397-1408. https://doi.org/10.21273/HORTSCI16626-22

Global Biodiversity Information Facility [GBIF]. (2022). Citrus ×limon (L.) Osbeck in GBIF Secretariat. https://doi.org/10.15468/39omei

George, E., Hall, M, & De Klerk, G. (Eds.). (2008). *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Springer. https://investigacionfitopatologiaumar.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/06/plant-propagation.pdf

Gómez-Cabezas, M., & España, Á. (2024). Exogenous Sucrose Enhances Growth and Physiological Performance of Tomato Seedlings Under Suboptimal Light Conditions in Passive Greenhouses. *Horticulturae*, *10*(12), 1337. https://doi.org/10.3390/horticulturae10121337

González, L., y Tullo, C. (2019). Guía Técnica Cultivo de Cítricos. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.

Hernández, I. y Nápoles, M. (2018). Effect of different carbon sources on the growth of a rhizobia strain. *Cultivos tropicales*, *39* (3), 87-90. ISSN digital: 1819-4087.

Huang, X., Jian, S., Chen, D., Zhong, C. y Miao, J. (2022). Concentration-dependent dual effects of exogenous sucrose on nitrogen metabolism in *Andrographis paniculata*. *Scientific Reports*, *12*(1), 4906. https://doi.org/10.1038/s41598-022-08971-x

Hulshof, J. & Vänninen, I. (2002). Western flower thrips feeding on pollen, and its implications for control. *Plant Production Research, Agrifood Research Finland,* 31600 Jokioinen, Finland. https://www.researchgate.net/publication/267817918_Western_flower_thrips_feeding_on_pollen_and_its_implications_for_control/references

Iglesias, D., Lliso, I., Tadeo, F. y Talón, M. (2002). Regulation of photosynthesis through source-sink balance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. *Physiologia Platarum, 116*(4), 563-572. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1160416.x

Iglesias, D., Tadeo, F., Primo, E. & Talon, M. (2003). Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. *Tree physiology, 23*(3), 199-204. https://doi.org/10.1093/treephys/23.3.199

Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2017). Descargas de Geo información. https://www.geoportaligm.gob.ec/geoinformacion/index-alt2.html

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2018). Superficie, Producción y Ventas, según región y Provincia Limón (Fruta fresca).

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2018). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC). Ecuador.

Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2019). Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2019. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/

Jakovlev, J. (2012). Fungal hosts of mycetophilids (Diptera: Sciaroidea excluding Sciaridae): a review. *Mycology, 3*(1), 11-23. https://doi.org/10.1080/21501203.2012.662533.

Jiménez, J. (2007). Manual para el cultivo de Cítricos en ladera. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0302.pdf

Krugner, R. y Backus, E. (2014). Plant Water Stress Effects on Stylet Probing Behaviors of Homalodisca vitripennis (Hemiptera: Cicadellidae) Associated with Acquisition and Inoculation of the Bacterium Xylella fastidiosa</I. *Journal of economic entomology, 107*(1), 66-74. https://doi.org/10.1603/EC13219.

Lagera, A., Balinado, L., Baldomero, J., Rotairo, H., Tero, N., Maghinay, M., Baluyo, L., Reyes, M., Galve, R., Sibao, S. y Rufino, J. (2017). Varying sugars and sugar concentrations influence in vitro pollen germination and pollen tube growth of *Cassia alata* L. *Journal of Young Investigators, 33*(1), 42-45. https://doi.org/10.22186/jyi.33.1.42-45.

Le, V., Samson, G. y Desjardins, Y. (2001). Opposite effects of exogenous sucrose on growth, photosynthesis and carbon metabolism of in vitro plantlets of tomato (*L. esculentum* Mill.) grown under two levels of irradiances and CO2 concentration. *Journal of Plant Physiology, 158*(5), 599-605. https://doi.org/10.1078/0176-1617-00315.

LORSA. (2011). Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria. Obtenido de https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/

Lovatt, C. (2013). Properly Timing Foliar-applied Fertilizers Increases Efficacy: A Review and Update on Timing Foliar Nutrient Applications to Citrus and Avocado. *HortTechnology hortte*, *23*(5), 536-541. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.5.536

Marschner, H. (Ed.). (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9

Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2002). Boletín mercado de limón pérsico. http://repositorio.iica.int/handle/11324/7753

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment, 25*(2), 239-250. https//doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x.

Mujica, H. (2012). *Crecimiento, desarrollo, producción y calidad del ajo (Allium sativum* L.*) en respuesta a la densidad de siembra y la nutrición potásica* [Tesis doctoral, Universidad Central de Venezuela]. Archivo digital. http://hdl.handle.net/10872/3702

Morinaga, K., Imai, S., Yakushiji, H. y Koshita, Y. (2002). Effects of fruit load on partitioning of 15N and 13C, respiration, and growth of grapevine roots at different fruit stages. *Scientia Horticulturae, 97*(3-4), 239-253. https://doi.org/ 10.1016/S0304-4238(02)00199-1

Nagy, C., Cross, J. y Markó, V. (2013). Sugar feeding of the common black ant *Lasius niger* (L.), as a possible indirect method for reducing aphid populations on apple by disturbing ant-aphid mutualism. *Biological Control, 65*(1), 24–36. http://dx.doi.org/10.1016/ j. biocontrol.2013.01.005.

Njoroge, S. y Reighard, G. (2008). Tinning time during stage I and fruit spacing infuences fruit size of 'Contender' peach. *Scientia Horticulturae 115*(4), 352–359. https://doi.org/ 10.1016/j.scienta.2007.10.019

Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN. (2016). Frutas Frescas-Limón-Requisitos. Obtenido de file:///C:/Users/ASUS%20A12/Downloads/NTE%20INEN%201757%20Segunda%20revisi%C3%B3n%20-%20PDF%20Free%20Download%20(3).pdf

NTON 17002- 02. (2001). Norma de procedimientos para muestreo de productos vegetales. Comisión nacional de normalización técnica y calidad ministerio de fomento, industria y comercio telefax 277-4671 norma técnica nicaragüense (NTN). Obtenido de https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/4%20Sanidad%20Vegetal%20y%20Semillas/Inspe

cci%C3%B3n%20y%20Certificaci%C3%B3n%20Fitosanitaria/Normas%20Nacionales/Norma%20tecnica%20de%20Muestreo%20de%20productos%20vegetales.pdf

Observatorio de Complejidad Económica [OEC]. (2020). *Principales países sudamericanos exportadores de cítricos.*

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2019). *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050.* https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *Marco Estratégico para la Gestión Regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe.* https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/be30e590-f015-4e97-b7e2-473e8c306509/content

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2020). *Producción, rendimiento y área cosechada de limón y lima en Ecuador.* https://openknowledge.fao.org/home

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *Citrus*. https://openknowledge.fao.org/home

Padrón, J. y Rocha, M. (2007). La poda de los cítricos. Folleto Técnico No. 7. Centro de investigación regional del noreste campo experimental General Terán. https://www.compucampo.com/tecnicos/podacitricos.pdf

Partridge, C. (2009). Talk on alternate bearing to S.Afr. Avo. Res.Symp., Tzaneen, Feb.

Parra, M. (2003). *Estudio de la relación fuente vertedero en tomate de árbol* (*Cyphomandra betacea*). [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

Parrotta, L., Faleri, C., Del Duca, S., y Cai, G. (2018). Depletion of sucrose induces changes in the tip growth mechanism of tobacco pollen tubes. *Annals of Botany, 122*(1), 23-43. https://doi.org/10.1093/aob/mcy043.

Pita, M. (2019). *Identificación las principales plagas y enfermedades que inciden en el cultivo de limón (Citrus) localizado en la parroquia de Chaltura, Antonio Ante, provincia de Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Archivo digital. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6469

Prakash, R., Jokhan, A. & Singh, R. (2022). Effects of foliar application of gibberellic acid, boric acid and sucrose on noni (*M. citrifolia* L.) fruit growth and quality. *Scientia Horticulturae. 301*. 111098. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111098.

Premkumar, A., Barcelo, A., Pliego, F., Quesada, M. y Mercado, J. (2002) Influences of exogenous sucrose on juvenile avocado during in vitro cultivation and subsequent ex vitro acclimatization. *Trees, 16*(8), 569-575. https://doi.org/ 10.1007/s00468-002-0188-0

Ramírez. J. (2017). Calidad del fruto de aguacate con aplicaciones de ANA, boro, nitrógeno, sacarosa y anillado. *Revista Agronomía Mesoamericana, 28*(3), 591-603. https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.23688

Ripoll, J., Urban, L., Staudt, M., Lopez-Lauri, F., Bidel, L. y Bertin, N. (2014). Water shortage and quality of fleshy fruits—making the most of the unavoidable. *Journal of Experimental Botany*, *65*(15), 4097–4117. https://doi.org/10.1093/jxb/eru197

Rogers, M. y Potter, D. (2004). Potential for sugar sprays and flowering plants to increase parasitism of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) by tiphiid wasps (Hymenoptera: Tiphiidae). *Environmental Entomology*, *33* (3), 619–626. https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.3.619

Romero, E. García, A. Velázquez, R. y Arenas, F. (2020). Determinación de la Calidad de los Frutos Cítricos en Laboratorio. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica.

Salvador, F., Fisichella, M., y Fontanari, M. (2006). Correlations between fruit size and fruit quality in apple trees with high and standard crop load levels. *Journal of fruit and ornamental plant research, 14*, 113.

Sánchez, E., Salamanca, J., Calvache, H., Ortiz, L. y Rivera, D. (2004). Evaluación de poblaciones de polinizadores y su relación con la formación de racimos en la zona de Tumaco, Colombia. *Palmas, 25*(2), 84-92. https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1069

Scholefield, P., M. Sedgley, and D. Alexaner. 1985. Carbohydrate cyling in relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. *Sci. Hort., 25*, 99-110.

Singh, U. (2024). The Dynamics of Source-Sink Relationships in Fruit Tree Physiology. *The Agriculture Magazine, 3*(12). E-ISSN: 2583-1755

Singh, B., Singh, J., Kaur, A. & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International. 132*, 109114. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109114

Statista (Plataforma de datos e inteligencia empresarial). (2021). Universidad Autónoma de Madrid. Obtenido de Ranking de los mayores países productores de limones y limas a nivel mundial en 2019.: https://es.statista.com/estadisticas/613493/ principales-paises-productores-de-limonen-el-mundo/#statisticContaine

Solís L. y Tómala M. (2010), *EFECTO DE NPK EN LA PRODUCCIÓN DE Citrus Aurantifolia Swingle V. SUTIL EN LA ZONA DE SINCHAL - BARCELONA,*

CANTÓN SANTA ELENA [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Archivo digital. http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/922

Sumba, R., Vinueza, M., y Pibaque, T. (2021). Canales de distribución en las ventas de limón de los productores de la parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia de Manabí. *Revista Publicando, 8*(31), 240-257. https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2247

Taiz, L. y Zeiger, E. (1991). *Plant Physiology* (Vol. 1). Revert Editorial.

Taiz L. y Zieger, E. (1998). *Plant Physiology* (3 ed.). Sinauer Associaltes, Inc. United States

Van, L., Samson, G. y Desjardins, Y. (2001). Opposite effects of exogenous sucrose on growth, photosynthesis and carbon metabolism of in vitro plantlets of tomato (L. esculentum Mill.) grown under two levels of irradiances and CO2 concentration. *Journal of Plant Physiology, 158*(5), 599-605. https://doi.org/ 10.1078/0176-1617-00315

Vantaux, A., Van den Ende, W., Billen, J. & Wenseleers, T. (2011). Large interclone differences in melezitose secretion in the facultatively ant-tended black bean aphid Aphis fabae. *Journal of Insect Physiology, 57*(12), 1614-1621. https://doi.org/ 10.1016/j.jinsphys.2011.08.014

Wäckers, F., Sánchez, J., García, F. y Pekas, A. (2017). Attract and distract: Manipulation of a food-mediated protective mutualism enhances natural pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 246,* 168-174. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.037

Wingler, A. (2018). Transitioning to the next phase: the role of sugar signaling throughout the plant life cycle. *Plant Physiol., 176,* 1075-1084. https://doi.org/10.1104/pp.17.01229.

Wolstenholme, B. (2010). Alternate bearing in avocado: an overview. *Horticultural Science*, University of KwaZulu-Natal. https://www.researchgate.net/publication/268396291_Alternate_bearing_in_avocado_an_overview

Yoon, J., Cho, L., Tun, W., Jeon, J. y An, G. (2021). Sucrose signaling in higher plants. *Plant Science, 302*(3), 110703. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110703.

Yumar, J., Montano, R. y Villar, J. (2010). Efectos del Fitomas – En el cultivo de cebolla. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 44(2), 21-25. ISSN: 0138-6204

Zaragoza, S., Pina, J., Forner, A., Navarro, L., Medina, A., Soler, G. y Chomé, P. (2011). *Las variedades de cítricos: El material vegetal y el registro de variedades comerciales de España.* Akasa, S.L. https://www.olivosdebadajoz.com/FRUTALES/CITRICOS.pdf

Zhenming, N., Xuefeung, X., Tianzong, L. y Jin, K. (2008). Effects of leaf applied potassium and gibberellins and source sink ratio on potassium absorption and distribution in grape fruit. *Scientia Horticulturae, 115*(2), 164-167. https://doi.org/ 10.1016/j.scienta.2007.08.012

Zumbado, M. y Azofeifa, D. (2018). Guía básica de entomología Costa Rica y Centroamérica. Insectos de importancia agrícola. Heredia y Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO).