



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**NUTRICIÓN INTEGRAL EN EL CULTIVO DE LIMÓN
SUTIL (*Citrus aurantifolia* - Swingle) EN ICERAS-PROVINCIA
DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Remache Domínguez Estefanía Mayte

LA LIBERTAD, JULIO 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**NUTRICIÓN INTEGRAL EN EL CULTIVO DE LIMÓN
SUTIL (*Citrus aurantifolia* - Swingle) EN ICERAS-PROVINCIA
DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Remache Domínguez Estefanía Mayte

Tutor: Ing. Néstor Orrala Borbor, PhD.

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **REMACHE DOMÍNGUEZ ESTEFANÍA MAYTE** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 16/Julio/2024 (Día, mes, año)



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**NESTOR ALBERTO
ORRALA BORBOR**

Ing. Néstor Orrala Borbor, Ph. D.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON VIDAL
PERERO VERA**

Ing. Washington Perero Vera, Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Jenny Domínguez y Matias Remache por su guía, confianza, consejos e infinita ayuda; siendo mi mayor pilar y motivación diaria para seguir adelante y nunca doblegar ante las situaciones tanto negativas como positivas que se presentaron en la vida.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por estar pendientes de este logro.

Al Ing. Néstor, que con toda la paciencia del mundo supo enseñarme, cada duda que se presentó durante la ejecución de este presente trabajo.

Y como era de esperarse a mi amiga y compañera, que ha estado desde inicio a fin; Evelyn Vinces, las gracias infinitas por siempre estar al pendiente.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme fortaleza, salud y sobre todo gratitud para seguir con mis estudios, demostrando mi capacidad de poder lograr mis metas y objetivos.

A mis padres Jenny y Matias, por siempre estar, junto a su apoyo incondicional y así mismo a mis hermanos Tiffany, Harold, mi cuñada Natalia y a mi sobrino Dilan quienes han estado conmigo en cada logro de mi vida.

A mi abuela Vilma, quien siempre ha estado pendiente de mis actividades y nunca ha dejado pasar ninguna oportunidad, para preguntar como estoy en mis estudios.

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo estimar la nutrición integral del limón sutil (*Citrus aurantifolia*-Swingle) mediante la aplicación de dosis de macro y microelementos considerando la calidad de suelo y agua en la comuna Cerezal Bellavista. Se evaluaron tres dosis de nitrógeno (100, 150, 200), tres de fósforo (20, 30, 40), tres dosis de potasio (50, 75, 100), todos ellos expresados en gramos planta⁻¹ año⁻¹ más tres dosis de microelementos. El trabajo se realizó bajo el diseño Bloques Completamente al Azar con nueve tratamientos y 3 réplicas, cada unidad experimental estuvo conformada por dos plantas; los tratamientos compuestos estuvieron dispuestos por el método de Taguchi en un diseño ortogonal L9 (3)⁴. Se estimó el estado nutrimental del suelo y foliar, peso del fruto (PF), diámetro ecuatorial (DE) y polar (DP), rendimiento por hectárea, sólidos solubles totales (SST), porcentaje de jugo (PJ) y pH. En el rendimiento, todos los tratamientos tuvieron medias poblacionales iguales; sobresale el tratamiento T₇: N₂₀₀ P₂₀ K₁₀₀ + 3 cc de microelementos, que alcanzó 22,33 T ha⁻¹. La relación Costo – Beneficio resultó positiva en todos los tratamientos.

Palabras claves: Análisis foliar, calidad del fruto, fertilización inorgánica, rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this work was to estimate the integral nutrition of subtle lemon (*Citrus aurantifolia*-Swingle) through the application of different doses of macro and microelements considering soil and water quality in the Cerezal Bellavista commune. Three doses of nitrogen (100, 150, 200), three doses of phosphorus (20, 30, 40), three doses of potassium (50, 75, 100), all expressed in grams plant⁻¹ yr⁻¹ plus three doses of microelements were evaluated. The work was carried out under the Completely Randomized Block design with nine treatments and three replicates, each experimental unit consisted of two plants; the compound treatments were arranged by Taguchi's method in an orthogonal design L9 (3)⁴. Soil and foliar nutrient status, fruit weight (FP), equatorial diameter (ED) and polar diameter (PD), yield per hectare, total soluble solids (TSS), juice percentage (JP) and pH were estimated. In yield, all treatments had equal population means; the T₇ treatment: N₂₀₀ P₂₀ K₁₀₀ + 3 cc of microelements, which reached 22.33 T ha⁻¹, stood out. The cost-benefit ratio was positive in all treatments.

Key words: leaf analysis, inorganic fertilization, quality fruit, yield.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**NUTRICIÓN INTEGRAL DEL CULTIVO DE LIMÓN SUTIL** (*Citrus auratifolia* – Swingle) **EN ICERAS – PROVINCIA DE SANTA ELENA**” y elaborado por **Estefanía Mayte Remache Domínguez**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firmado electrónicamente por:
**ESTEFANIA MAYTE
REMACHE DOMINGUEZ**

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Generalidades del limón sutil.....	4
1.2 Nutrición integral	6
1.2.1 Efectos de los Macro y micro elementos.....	6
1.2.2 Requerimientos nutricionales del limón	8
1.3 Fertilización	12
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1 Caracterización del área.....	17
2.2 Materiales, equipos e insumos	17
2.2.1 Material biológico	18
2.3 Tipo de investigación	19
2.4 Diseño de investigación	19
2.5 Características agroquímicas del suelo	19
2.6 Características Físico químico del agua.....	21
2.6.1 Tratamientos y Diseño experimental.....	23
2.7 Manejo del experimento	24
2.7.1 Control de malezas	24
2.7.2 Control fitosanitario	25
2.7.3 Cosecha	25
2.7.4 Fertilización edáfica y foliar	25
2.7.5 Riego	25
2.8 Variables experimentales	26
2.8.1 Estado nutrimental del suelo	26
2.8.2 Estado nutrimental foliar	26
2.8.3 Variables de producción.....	26
2.8.4 Variables de calidad del fruto	27
2.8.5 Relación beneficio costo	27
2.9 Análisis estadístico de los resultados	27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1 Estado nutrimental del suelo.....	28
3.2 Estado nutrimental foliar.....	30
3.3 Variables de producción	34
3.4 Variable de calidad del fruto.....	35
3.4 Relación beneficio – costo.....	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
Conclusiones	39
Recomendaciones.....	39

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dosis de fertilización recomendada según edad del cultivo de limón Criollo.....	9
Tabla 2. Necesidades nutritivas de los cítricos (dosis anuales).....	9
Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cultivo de limón propuestos por autores de diversas localidades.....	11
Tabla 4. Plan de fertilización de acuerdo a la edad de la planta.....	13
Tabla 5. Rangos establecidos para el estado nutrimental de Citrus aurantifolia - Swingle	14
Tabla 6. Rangos estándares del estado nutrimental de Citrus limón (L).....	15
Tabla 7. Niveles cítricos establecidos para cítricos en base al peso.....	15
Tabla 8. Rangos establecidos para el estado nutrimental de Citrus latifolia Tanaka	16
Tabla 9. Metodología utilizada para la determinación de los elementos de análisis de suelo.....	19
Tabla 10. Metodología utilizada para la determinación de los elementos de análisis de suelo.....	20
Tabla 11. Características agroquímicas del suelo previo al inicio del experimento en el cultivo de limón (Citrus aurantifolia Swingle).....	21
Tabla 12. Metodología utilizada para la determinación de los elementos del análisis químico de agua.....	22
Tabla 13. Interpretación de los elementos del análisis químico de agua.....	22
Tabla 14. Características del agua previo al experimento en el cultivo de limón (Citrus aurantifolia Swingle).....	23
Tabla 15. Tratamientos establecidos en Citrus aurantifolia - Swingle según método Taguchi L9 (3).....	24
Tabla 16. Estado nutrimental del suelo al finalizar el experimento en el cultivo de limón (Citrus aurantifolia Swingle).....	29
Tabla 17. Niveles adecuados de macro y micro elementos análisis folia para (Citrus aurantifolia).31	
Tabla 18. Estado nutrimental foliar al inicio del experimento en el cultivo de limón (Citrus aurantifolia Swingle).....	32
Tabla 19. Estado nutrimental foliar al finalizar el experimento en el cultivo de limón (Citrus aurantifolia Swingle).....	33
Tabla 20. Variables de producción: masa del fruto (g), diámetro ecuatorial (mm), diámetro polar (mm) y rendimientos (Mg ha ⁻¹) de Citrus aurantifolia - Swingle.....	35
Tabla 21. Variables de calidad de frutos: Contenido de sólidos solubles totales (Grados Brix), porcentaje de jugo (%) y pH de Citrus aurantifolia Swingle	36
Tabla 22. Costos generales de labores agrotécnicas limón sutil	37
Tabla 23. Costos de tratamientos para determinar la relación Beneficio/Costo.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área experimental (Google Maps, 2024)	17
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- Ilustración 1.** Análisis estadístico de masa de fruto
- Ilustración 2.** Análisis estadístico del diámetro ecuatorial
- Ilustración 3.** Análisis estadístico del diámetro polar
- Ilustración 4.** Análisis estadístico de sólidos solubles expresados en ° Brix.
- Ilustración 5.** Análisis estadístico del Porcentaje de jugo
- Ilustración 6.** Análisis estadístico de pH
- Ilustración 7.** Análisis estadístico de rendimiento
- Ilustración 8.** Cálculo de dosificación de fertilizantes
- Ilustración 9.** Aplicación foliar de micronutrientes
- Ilustración 10.** Dosificación de fertilizantes
- Ilustración 11.** Recolección de muestras
- Ilustración 12.** Análisis de laboratorio

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de limas y limones en el año 2022 fue de 21 529 604.13 millones de toneladas. Los principales productores son México 3 102 045.85 t, India 3 776 000 t, Argentina 1 826 355.69 t, Estados Unidos 938 030 t, España 863 240 t, Irán 508 349.22 t e Italia 476 310 t. En el año 2022 se exportaron 4 141 920.41 millones de toneladas de limas y limones por un valor de US\$ 4 031 490 millones, considerando como principales exportadores Argentina 255 476.46 t, España 648 193.66 t, Estados Unidos 125 233.29 t, Italia 44 347.7 t, México 715 778.16 t, Turquía 590 403.35 t; Ecuador apenas exporta 4 477.16 toneladas (FAOSTAT, 2022).

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2022) en Ecuador existen 7 185 ha plantadas, con una producción de 40 342 t de limón y rendimiento 6.89 Mg ha⁻¹. Las principales provincias productoras son Manabí 11 179 t, Pichincha 9 100 t, Carchi 2 724 t, El Oro 2 819 t, Imbabura 3 700 t y Tungurahua 933 t.

El limón Sutil (*Citrus aurantifolia*) es la especie de cítrico más cultivada en el Ecuador, en segundo lugar, se ubica el limón Tahití (*Citrus latifolia*); en la Provincia de Santa Elena en el año 2022 existen 661 ha de limón, con una producción de 7 096 t y rendimiento de 11,20 Mg ha⁻¹ (MAG, 2022). El Proyecto Integral de Desarrollo Agrícola Ambiental y Social de forma Sostenible (PIDAASSE) apoya el incremento del área sembrada de este cultivo.

Según el Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en el valle del río Valdivia, principal zona productora de limones en la provincia de Santa Elena, se identificó 193 agricultores, con igual número de hectáreas cultivadas de cítricos; el 89% se encuentran en Manglaralto y lo restante, en Colonche (Sánchez, 2015).

En la provincia de Santa Elena, las localidades de mayor producción corresponden a las parroquias de Manglaralto y Colonche, pero básicamente no existe información básica documentada sobre el comportamiento agronómico de este cultivo en la zona. El promedio de la superficie del área sembrada en las fincas de la provincia de Santa Elena oscila entre media a tres hectáreas; el 94% de los citricultores se abastecen de agua de pozo para riego; el 74% poseen plantas con edades mayores de seis años.

Por lo general los productores no cuentan con asesoría técnica y desconocen prácticas de manejo agro técnico adecuado que permita una producción sustentable. Los suelos por lo

general debido a las condiciones climáticas tienen a la salinidad, por lo que, el manejo de la fertilidad es un asunto de extrema importancia para que la fisiología del cultivo exprese un rendimiento satisfactorio.

En el recinto Iceras, comuna Cerezal Bellavista, se concentra plantaciones de cítricos, donde la tecnología utilizada es prácticamente inexistente; en este sentido la fertilización es uno de los componentes importantes dentro del esquema productivo del cultivo; del grado de conocimiento de ésta y de la experiencia del productor. de dependerá el éxito que se obtenga, más aún si es un cultivo perenne.

Esta investigación pretende determinar la dosis adecuada de macro y micro elementos en la producción de limón sutil, Si los resultados son satisfactorios, la universidad estará cumpliendo con el noble objetivo de buscar soluciones a los problemas de la comunidad, mediante la investigación científica. Se beneficiarán los productores de las zonas con características edafoclimáticas similares del litoral ecuatoriano y servirá como guía o material de consulta para estudiantes de ciencias agropecuarias.

Problema Científico

Los suelos de la provincia de Santa Elena no son fértiles desde el punto de vista químico, por ello se planteó:

¿Qué efecto tiene la aplicación de macro y micronutriente en el rendimiento del cultivo de limón sutil en el recinto Iceras?

Justificación

El presente trabajo es de relevancia, ya que pretende resolver las insuficiencias y requerimientos nutricionales del limón, teniendo en cuenta que favorecerá, para determinar normas u estándares óptimos de calidad de fruto y rendimiento que ayudará a la aprobación del producto, por parte de los agricultores e consumidores.

Cabe recalcar, que el precio del limón sutil aumenta debido al cambio (factor) climático, manifestando los suelos salobres que tiene la provincia. que afectan la floración del cultivo, ocasionando un bajo rendimiento u escases de producción, debido a la pérdida de fertilidad del suelo; principalmente en las provincias de Santa Elena y Manabí.

Debido a este inconveniente y falta de conocimiento técnico, para obtener una cosecha favorable, los agricultores se limitan y disminuyen el interés de invertir (intervenir) en la

producción de limón y no introducir nuevas prácticas, en cuento al manejo agronómico para producir y obtener de limones de alta calidad.

Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar el efecto de un plan de fertilización basándose en la nutrición integral del cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en Iceras, Provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos:

1. Determinar la mejor respuesta de limón sutil a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados, potásicos y microelementos.
2. Establecer la concentración foliar de nutrientes como mecanismo de referencia del estado nutricional del cultivo.
3. Determinar la relación beneficio costo del cultivo limón sutil.

Hipótesis

Las diferentes combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio más microelementos no se diferencian en el rendimiento del limón sutil en Iceras, Santa Elena.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades del limón sutil

Los cítricos se originan en el este de Asia, en una zona que se extiende desde las laderas desde el Sur de Himalaya hasta el Sur de China, pertenecen a la familia de las Rutáceas, en donde las especies comúnmente más cultivadas son: Naranjas dulces *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, Naranjas agrios *Citrus aurantium* L., Mandarinas *Citrus reticulata* Blanco, Pomelos *Citrus paradisi* Macf, Limas ácidas *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing., Limones verdaderos *Citrus limón* (L.), Cidras *Citrus medica* L., Toronjas *Citrus máxima* (L.). (Gonzalez y Tullo, 2019).

Ecuador solo se producen dos tipos de limón el limón sutil y el limón Tahití (Mantilla *et al.*, 2009).

Según Indriyani *et al.*, (2023) los cítricos son una fruta de consumo común; La especie de cítrico más utilizada es *Citrus aurantifolia*. Por otra parte, esta especie, en cada porción de la planta tiene una composición distinta de metabolismo secundarios, en donde los flavonoides, terpenoides, fenoles, limonoides, alcaloides y aceites esenciales se encuentran entre los metabolitos/fitoquímicos secundarios, por lo que la luz y la temperatura afecta la estabilidad oxidativa de los mismos.

Teniendo en cuenta que la lima es el único grupo hortícola del genero *Citrus* que involucra germoplasma natural triploide y tetraploide además del germoplasma natural diploide, por lo cual los limones se cultivan en climas subtropicales e intertropicales, y el consumo de los mismo han aumentado considerablemente desde la década de 1980 (Duportal *et al.*, 2013). Por otra parte, Rouiss *et al.*, (2018) producen dos tipos de limas triploides en el mundo; predominando la lima “tahiti” (*Citrus latifolia*), en menor cantidad el tipo “Criollo” (*Citrus aurantifolia*); así mismo la producción de limón se basa en una genética muy limitada, por lo que nivel triploide la lima Tahití sin semillas predomina en el mercado de exportación; al contrario de la lima criolla con semillas tiene áreas de producción limitadas.

Por esta razón estudios citogenéticas Carvalho *et al.*, (2005) evidenciaron que la lima diploide (*C. aurantifolia*) resulto la hibridación directa entre *C. micrantha* como progenitor femenino y *C. medica* como progenitor masculino.

El limón sutil (*C. aurantifolia*) es un pequeño árbol o arbusto, de 4 a 5 m de altura, con un tronco menudamente retorcido y espinas axilares cortas y duras, en las ramas, sus

hojas son oblongo-ovadas u ovado-ovadas, de 2.5-9 cm de largo y 1.5-5.5 cm de ancho, concluyendo que su base es redonda y parte superior ligeramente recortada; por otra parte, sus bordes están ligeramente coronados, los pecíolos son claramente alados (Puente, 2006).

Sus flores blancas, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, fragantes, dispuestas en inflorescencias axilares con 1 a 7 flores; frutos ovalados o esféricos con el ápice ligeramente cóncavo, de color verde oscuro al principio y tornándose de color amarillo verdoso o amarillo al madurar; su diámetro de 3.5 a 5 cm o más. Su cascara es fina y se rompe con facilidad. La pulpa es verde, jugosa y muy ácida. Las semillas pequeñas y ovaladas son altamente poliembriónicas (de cada semilla se pueden producir dos o más plantas) (Puente, 2006).

Según Vegas y Narrea, (2011), las plantaciones de limón se cultivan en regiones tropicales y subtropicales, donde la temperatura oscila entre mínimo 10 °C y máximo a 24°C, ciertamente cuando la temperatura oscila superior a 35 °C, puede ocasionar trastornos vegetativos y aceleran la maduración de las frutas, sin embargo, cuando las temperaturas son inferiores a 12 °C afectan el crecimiento vegetativo. En donde la humedad relativa, influye en la calidad de la fruta considerando el rango adecuado entre 40 y 70 %; no obstante, cuando la misma es alta aquella favorece el desarrollo de enfermedades ocasionadas por hongos.

De acuerdo con, Wright (2024), indica que el agua es esencial para los cítricos (o para cualquier planta) ya que es un componente integran de las reacciones bioquímicas de la planta, en donde el consumo de agua siempre va a depender de la edad, del tamaño, de la especie, del clima y del tipo de suelo. Enfatizando que según investigaciones realizadas por la Universidad de Arizona se ha concluido que los cítricos maduros consumen alrededor de 60 pulgadas de agua al año, lo que podría corresponder, según el tamaño del árbol, a tanto como 17 galones de agua por día en invierno y 135 galones por día en verano. Agregando a lo anterior, los cítricos son plantas perennes con una elevada superficie foliar y, por tanto, una elevada tasa evapotranspirativa, en donde sus necesidades hídricas oscilan entre 6 000 y 9 000 m³/ha, ya que están condicionadas por factores edafoclimáticos y por los requerimientos específicos de la especie cultivada (especie y combinación variedad-patrón), por otros factores derivados de las características de la plantación y prácticas de cultivo (marco de plantación, poda) incluso por el objetivo productivo deseado, compromiso entre cantidad, calidad y precocidad de la cosecha, según (AZUD, 2022).

1.2 Nutrición integral

Según Mengel y Kirkby (2000), mencionan que la nutrición vegetal se define como el suministro y absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y el metabolismo; en cuanto a los nutrientes como los compuestos químicos requeridos por un organismo, por lo cual el mecanismo de nutrientes se convierte en material celular suministrando energía da como resultado procesos metabólicos. El término metabolismo comprende una serie de variadas reacciones que ocurren en una célula viva para mantener la vida y el crecimiento. Es decir, la nutrición y el metabolismo están cercanamente relacionados entre sí.

Sobre todo, mencionan que la primera parte para que la planta se desarrolle inicia en sus raíces siendo responsable de la absorción de agua y nutrientes, es ahí donde dos factores importantes comienzan actuar, haciendo responsables del desarrollo de la misma la luz y la concentración de CO₂, cabe recalcar que en cuanto al crecimiento y desarrollo en estados iniciales siempre va a depender de la temperatura (Mengel y Kirkby, 2000).

En cuanto a la nutrición de cítricos, para mantener niveles elevados de producción, se requieren, entre otros factores entre ellos un manejo nutricional adecuado, basado en información relacionado con el desempeño de la planta y la producción de fruta con la concentración de nutrientes en las hojas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Aquello va a determinar la necesidad de suplementar nutrientes con la fertilización (Mattos *et al.*, 2010).

1.2.1 Efectos de los Macro y micro elementos

El requerimiento nutricional, considera la cantidad de nutrientes que requiere el cultivo para la producción de fruto y material vegetativo (material susceptible de poda). El valor se estima conociendo la extracción nutrimental por fruto, en función de una meta de producción por árbol y la extracción nutrimental por producción de material vegetativo. El suministro nutricional, del suelo para el árbol, se estima considerando el resultado del análisis del suelo, el cual indica la cantidad de nutrimentos disponibles para el cultivo, con base en metodologías calibradas para cada elemento (González *et al.*, 2021).

Efecto de los elementos en el cultivo

- **Nitrógeno.** Su deficiencia produce clorosis, brotes cortos, hojas pequeñas y poco vigor; el exceso genera frutos con cáscara gruesa, hojas de color verde intenso y retardo en la maduración (Vegas y Narrea, 2011).
- **Fósforo.** La deficiencia provoca un sistema radicular poco desarrollado, hojas adultas bronceadas, brotes débiles, escaso zumo y floración deficiente; su exceso genera deficiencias de Zinc (Zn) y Cobre (Cu) (Vegas y Narrea, 2011).
- **Potasio.** Disminuye el crecimiento vegetativo, las hojas son más pequeñas y se deforman, frutos de menor tamaño y piel fina, el exceso da frutos con poco zumo induce la carencia de magnesio (Valdés y Palma, 2017).

Los elementos secundarios, calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre(S) y los micronutrientes como el hierro (Fe), zinc (Zn), boro (B), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo), también cumplen un rol importante en la nutrición mineral de limonero y responden bien con las aplicaciones foliares (Croda, 2024).

Martín, (2017) menciona que los macro nutrientes y los micronutrientes están relacionados y entre ellos ocurren antagonismos y sinergias, los cuales se definen de la siguiente manera:

- **Antagonismos:** Cuando hay exceso de un elemento, se produce deficiencia del otro elemento.
- **Sinergismos:** La absorción de dos elementos, puede reforzarse mutuamente.

Los niveles de micronutrientes son mucho más bajos que los macros para satisfacer las necesidades de rendimiento y calidad, el equilibrio correcto entre estos oligoelementos es esencial. Hierro, zinc, manganeso y boro son los micronutrientes que se consumen en mayores cantidades para asegurar que no se afecte el desarrollo y calidad (CRODA, 2024).

- **Boro.** Se aplica con el fin de asegurar el desarrollo del fruto, mientras otros nutrientes se aplican durante periodos de crecimiento activo del follaje.
- **Cobre.** Afecta la fotosíntesis, producción de proteínas, la viabilidad del polen y por eso el desarrollo, la respiración y el aprovechamiento del agua. El cobre puede

incrementar el contenido total de jugo en el fruto. Sin embargo, uso excesivo de cobre puede demorar la maduración del fruto.

- **Manganeso.** Aplicado en seco puede formar complejos en el suelo y tardará más en ser absorbido, por ello se deben realizar aplicaciones foliares o fertirrigación de oligoelementos en donde reducirán deficiencias durante la temporada.
- **Zinc.** Cofactor de los enzimas y de la producción de reguladores de crecimiento responsables de la extensión de los entrenudos y el desarrollo de cloroplastos.

Se considera actualmente como una referencia indispensable para determinar tanto las necesidades de abonado de las plantaciones de cítricos como los estados carenciales de micro elementos. Esto se debe a que los análisis foliares dan una indicación precisa de la absorción de los diferentes elementos por la planta, ya que las hojas son muy sensibles a los cambios de composición del medio nutritivo.

El contenido en nutrientes de las hojas depende de diversos factores tales como la edad, tipo y posición de la hoja que se muestrea, la combinación injerto-patrón, la disponibilidad de nutrientes del suelo, la producción, el estado fitosanitario. La interpretación del análisis foliar se realiza comparando los resultados obtenidos con los valores foliares estándar previamente establecidos para cada elemento, además en el diagnóstico nutricional definitivo deben tenerse en cuenta las posibles interferencias ocasionadas por el estado productivo de la planta (InfoAgro,2018).

1.2.2 Requerimientos nutricionales del limón

Las necesidades nutritivas del limón se definen como la cantidad de elementos nutritivos consumidos por la planta durante su ciclo vegetativo anual, considerando como objetivo incrementar la fertilidad natural del suelo, con el fin de obtener mayor aumento de rendimiento en cuanto a su producción y mejora de la calidad del fruto (Quiñones, *et al.*, 2010).

Estos requerimientos deben ser satisfechos por las reservas del suelo o por medio de la aplicación de fertilizantes (Legaz y Primo, 1998).

Este autor indica la dosis de fertilización recomendada según edad del cultivo de limón Criollo (Tabla 1) y necesidades nutritivas de los cítricos (dosis anuales) (Tabla 2).

Tabla 1. Dosis de fertilización recomendada según edad del cultivo de limón Criollo

Edad de la plantación - años	Nitrógeno		Fosforo (P ₂ O ₅)		Potasio (K ₂ O)	
	gr/árbol	Kg/ha	gr/árbol	Kg/ha	gr/árbol	Kg/ha
1-2	40-80	16-32	0-20	0-8	0-30	0-12
3-4	120-160	48-64	30-40	12-16	40-80	16-32
5-6	240-320	96-128	50-60	20-24	100-120	40-48
7-8	410-500	164-200	80-100	32-40	160-200	64-80
9-10	550-600	220-240	120-150	48-60	250-300	100-120
>10	600-800	240-320	150-200	60-80	300-400	120-160

Fuente: Legaz y Primo(1998)**Tabla 2.** Necesidades nutritivas de los cítricos (dosis anuales)

Nutriente	Edad (años)		
	Plantón (2)	En desarrollo (6)	Adulto (>12)
	Consumo en el desarrollo de nuevos órganos y en el crecimiento de órganos viejos (g/árbol)		
N	6.8	210	667
P	0.8	18	53
K	3.6	121	347
Mg	1.4	46	135
Fe	0.04	110.8	3.4
	Consumo cubierto por las reservas de las hojas viejas (%)		
N	25	32	32
P	12	16	17
K	22	28	29
Mg	24	30	30
Fe	--	--	--
	Necesidades anuales netas (g/árbol)		
N	5.1	142	453
P	0.7	15	44
K	2.8	87	246
Mg	1	32	95
Fe	0.04	1,1	34

Fuente: Legaz y Primo(1998)

Ciampitti y Garcia, (2007) citan a International Fertilizer Industry Association IFA (1992), e indican que la absorción total de macro y micronutrientes del cultivo de limón es de nitrógeno 6.3, fósforo 0.7, potasio 4.4 y de extracción es de 1.6 de N, 0.2 de P, 1.7 de K, 0.7 Ca, 0.2 Mg y 0.1 S expresados en kilogramos por tonelada (kg/ton); alegan que es esencial disponer de información sobre absorción y extracción de nutrientes para establecer un buen plan de fertilización.

Autores de diferentes latitudes geográficas señalan requerimientos nutricionales del cultivo de limón, (Tabla 3).

Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cultivo de limón propuestos por autores de diversas localidades

Autor	Edad del cultivo	Densidad	Dosis N P K kg ha⁻¹	Dosis N P K g árbol⁻¹ año⁻¹	Rendimiento Mg ha⁻¹	Localidad
Pérez y Zamora (2004)	15	10 x 10 m	N240 P0 K0	N240 P0 K0	30	Colima, México
Orrala <i>et al.</i> (2012)	14	5.5 x 5.5 m	N330 P49.5 K132	N100 P15 K40	32.4	Santa Elena, Ecuador
Santistevan <i>et al.</i> (2017)	6	6 x 6 m	N250 P83 K250	N150 P50 K150	Manglaralto 5.7 Colonche 6.6	Santa Elena, Ecuador
Castelán Primo (2017)	7	1.20 x 7 m	N849.66 P849.66 K849.66 (-10kPa Tensión de humedad en el suelo)	N ₁₀₂ P ₁₀₂ K ₁₀₂ (-10kPa Tensión de humedad en el suelo)	3.93	Campeche, México
Conde Delgado <i>et al.</i> (2018)	7	4 x 7 m	N153.51 P74.97 K39.27	N61.43 P30 K15.71	32.4	Morelos, México
Hazarika y Aheibam (2019)	5	3 x 3 m	N555.5 P555.5 K555.5	N100 P100 K100	11.2	Aizawl, India
Ghosh <i>et al.</i> (2020)	7	3 x 3 m	N1633.17 P1088.78 K1633.17	N210 P140 K210	20.4	West Bengal, India
Sheikh <i>et al.</i> (2021)	3	3 x 3 m	N333.3 P333.3 K333.3 + aplicaciónfoliar	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ + aplicación foliar	12.8	Pasighat, India
Aburto González <i>et al.</i> (2021)	11	6 x 6 m	N139 P129 K99	N50.18 P46.57 K35.74	28	Nayarit, México
Almadiy <i>et al.</i> (2023)	21	4 x 5 m	N500 P125 K250	N100 P25 K50	Temp1 = 55 Temp2 = 57	Región de Nagran, Arabia Saudita

1.3 Fertilización

En la fertilización de los cítricos se enfatiza el suministro de N y K, debido a que los resultados de investigaciones conducidas en el mundo han encontrado que estos nutrientes son los que más influyen en el rendimiento y calidad de la fruta. Otros nutrientes pueden ser importantes de acuerdo con las características de fertilidad de los suelos, como el Ca y el Mg que deben ser considerados en suelos ácidos, en suelos arenosos y en algunas condiciones donde se produzcan desbalances en K (Elena, 2010).

Las plantaciones de limón, están establecidas en suelos de fertilidad natural variable, afectados por salinidad y mal drenaje, por lo que es necesario conocer sus características (muestreo y análisis) para determinar una fertilización adecuada. Sin los análisis foliares y de suelo la fertilización de los cultivos resulta insuficiente o excesiva, en ambos casos trae como consecuencia pérdidas económicas, deterioro y contaminación ambiental. La fertilización se recomienda según la edad de la planta y la época del año, teniendo en cuenta la fisiología del cultivo; plantas jóvenes requieren menor cantidad de nutrientes. En el cultivo de limón sutil, los programas de fertilización deben realizarse, previo a análisis de suelo y complementado con análisis foliar, reconociendo las diferencias por suelo, patrón, variedades, edad del cultivo y entre otros factores (Loucel, 2002).

Incluso, según González et al., (2021), la eficiencia de recuperación de fertilizante, consideran valores para fertilizante nitrogenado (70%) en condiciones de riego, fósforo (30%) y potasio (70%). El método racional ofrece la ventaja de que es aplicable a cualquier sistema de producción y en cualquier zona de producción, ya que la cantidad de nutrimentos que la planta va a requerir durante el ciclo de producción siendo acotado por la meta de producción y capacidad de producción de material vegetativo de árboles, lo cual dependerá de las condiciones edafoclimáticas y del nivel de fertilidad del suelo, así como de la altura y diámetro de la copa en que se maneja.

Durante los dos primeros años, en que lo más importante es darle desarrollo a la planta, el fertilizante nitrogenado se aplica fraccionado para mejorar la eficacia de su utilización, ya que aplicado de esta forma se mantiene el nivel de nitrógeno disponible para la planta en forma más constante y prolongada y se disminuyen las pérdidas por lavado ocasionada por las lluvias. A partir del tercer año conviene hacer análisis del suelo y foliar para determinar las necesidades

reales de fertilización, dado que se puede estar supliendo en exceso algún elemento o dejando de lado otro que esté deficiente, y repetirlos cada dos o tres años (Figuroa, 2015).

Tabla 4. Plan de fertilización de acuerdo a la edad de la planta

Edad de la planta(años)	Gramos/año/planta		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Al plantar (1)	50	25	25
2	80	80	40
3	120	120	80
4	160	160	120
5	200	200	200
6	300	250	300
7	400	300	400
8	600	3650	600
9	800	400	800
10	1000	450	1000

Fuente: Figuroa, (2015)

Factores para la dosificación de fertilizantes en los cítricos

Legaz y Primo(1998) especifica que los factores a considerar para determinar la dosis de fertilizantes en los cultivos son:

Análisis del suelo y agua. Indican las características físico - químicas del suelo y que elementos existen de forma asimilable, también informan sobre los aportados por el agua usada en el riego.

Análisis foliar. Valora la disponibilidad de reservas de la planta, revelando la absorción real de los nutrientes por árbol e indica la existencia de antagonismos entre nutrientes.

Características del cultivo y plantación. Toma en cuenta la variedad, patrón y edad de las plantas que permiten valorar las necesidades nutritivas; el marco de plantación, profundidad y drenaje del suelo, sistema de riego ayudan a establecer la forma de aplicación de los fertilizantes para garantizar una eficiente absorción de la planta.

1.3.1 Análisis Foliar

(Bonelli, 2021), menciona que en cuanto al análisis foliar es un excelente indicador del estado de nutrición del árbol, ya que permite detectar e identificar una nutrición no adecuada e informa sobre cómo se está logrando la absorción de los elementos disponibles, así como la relación entre ellos. Con los datos se puede evaluar cómo está funcionando el programa de fertilización y ajustarlo si es necesario, sin olvidar que las plantas están compuestas en un 95% de carbono, oxígeno e hidrógeno, aportados por el agua y la atmósfera, y solo en un 5% por los nutrientes.

Los resultados de análisis foliares se pueden interpretar por tres métodos, el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), el método de Desviación del Óptimo Porcentual (DOP) y el método convencional o de Rangos de Suficiencia (RS) (Rodríguez, *et al.*, 2018) Según Torri (2005), para el muestreo foliar de cítricos se toman hojas terminales de ramas no fructíferas.

Por medio del análisis foliar varios autores han determinado la concentración nutrimental del limón en diferentes localidades; Tabla 5 (Maldonado, *et al.*, 2001) Tabla 6 (Les Aguerre, 2014), Tabla 7 (Valdés y Palma, 2017), Tabla 8 (Rodríguez, *et al.*, 2018).

Tabla 5. Rangos establecidos para el estado nutrimental de *Citrus aurantifolia* - Swingle

Nutrientes		Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Exceso
Nitrógeno	(%)	<1.81	1.82 – 2.49	2.50-3.17	3.18 – 3.85	>3.86
Fósforo	(%)	< 0.09	0.10 – 0.17	0.18 – 0.25	0.26 – 0.29	>0.30
Potasio	(%)	< 0.06	0.07 – 1.27	1.28 – 1.87	1.88 – 2.47	>2.48
Calcio	(%)	< 1.71	1.72 – 3.72	3.73 – 5.73	5.74 – 7.74	>7.75
Magnesio	(%)	< 0.10	0.11 – 0.36	0.37 – 0.62	0.63 – 0.88	>0.89
Hierro	(mg kg ⁻¹)	< 30	31 – 60	61 – 115	116 – 170	>171
Manganeso	(mg kg ⁻¹)	< 18	19 – 36	37 – 73	74 – 102	>103
Zinc	(mg kg ⁻¹)	< 10	11 – 21	22 – 32	33 – 43	>44
Cobre	(mg kg ⁻¹)	< 4.2	4.3 – 8.4	8.5 – 14.5	14.6 – 20.6	>20.07
Boro	(mg kg ⁻¹)	< 25	26 – 50	51 – 77	78 – 104	>105

Fuente: Maldonado *et al.* (2001).

Tabla 6. Rangos estándares del estado nutrimental de *Citrus limón* (L).

Nutrimentos		Muy Bajo	Bajo	Optimo	Alto	Muy Alto
Nitrógeno	(%)	1.83	2.05	2.06 – 2.48	2.49	2.78
Fósforo	(%)	0.10	0.12	0.13 – 0.15	0.16	0.18
Potasio	(%)	0.78	1.03	1.04 – 1.65	1.66	2.18
Calcio	(%)	2.78	3.65	3.66 – 5.17	5.18	6.06
Magnesio	(%)	0.20	0.25	0.26 – 0.33	0.34	0.39
Azufre	(%)	0.17	0.20	0.21 – 0.28	0.29	0.36
Hierro	(ppm)	80	118	119 – 231	232	340
Manganeso	(ppm)	14.64	23.48	23.49 – 53.66	53.67	86.07
Zinc	(ppm)	10	15	16 – 32	33	50
Cobre	(ppm)	3.52	5.47	5.48 – 11.85	11.86	18.45
Boro	(ppm)	31	46	47 – 90	91	134

Fuente: Les Aguerrea (2014).

Tabla 7. Niveles cítricos establecidos para cítricos en base al peso.

Nutrimentos		Deficiencia	Adecuado	Exceso
Nitrógeno	(%)	< 1.9	2.1 – 2.4	> 2.6
Fósforo	(%)	< 0.1	0.12 – 0.16	> 0.25
Potasio	(%)	< 0.40	0.7 – 1.4	> 1.8
Calcio	(%)	< 1.6	3.0 – 5.5	> 6.0
Magnesio	(%)	< 0.16	0.25 – 0.7	> 1.0
Azufre	(%)	< 0.14	0.2 – 0.3	> 0.6
Hierro	(ppm)	< 35	60 – 120	> 200
Manganeso	(ppm)	< 16	25 – 200	> 500
Molibdeno	(ppm)	< 0.05	0.10 – 1.0	> 5.0
Zinc	(ppm)	< 16	25 – 100	> 300
Cobre	(ppm)	< 4.0	5 – 16	> 22
Boro	(ppm)	< 21	30 – 100	> 250

Fuente: Valdés y Palma (2017).

Tabla 8. Rangos establecidos para el estado nutricional de *Citrus latifolia* Tanaka.

Nutrientos		Mínimo	Óptimo	Máximo
Nitrógeno	(%)	1.92	2.46	2.79
Fósforo	(%)	0.16	0.26	0.30
Potasio	(%)	0.73	1.36	2.11
Calcio	(%)	2.63	3.78	5.38
Magnesio	(%)	0.15	0.29	0.53
Azufre	(%)	0.19	0.23	0.36
Hierro	(mg kg ⁻¹)	196	340.86	890.00
Manganeso	(mg kg ⁻¹)	8	48.36	93.00
Zinc	(mg kg ⁻¹)	5	37.33	137.00
Cobre	(mg kg ⁻¹)	3	58.75	255.00
Boro	(mg kg ⁻¹)	108.42	243.88	808.99

Fuente: Rodríguez *et al.* (2018).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El experimento se ejecutó en el año 2022 de enero a diciembre, en la Finca “Guale”, ubicada en la comuna Cerezal Bellavista, provincia de Santa Elena, mismo que está situado a 60 km de la cabecera cantonal; coordenadas geográficas 2°03'39.4" S y 80°22'06.7" W.

El clima de este lugar es mega térmico árido a semiárido, su temperatura oscila entre 24°C a 32°C; con precipitaciones inferiores a 500 mm/año, los meses de enero a abril, esta época se la considera lluviosa mientras que la época seca que comprende los meses de junio a octubre los valores mínimos son de 125,5 mm/año, (Malavé, 2019).

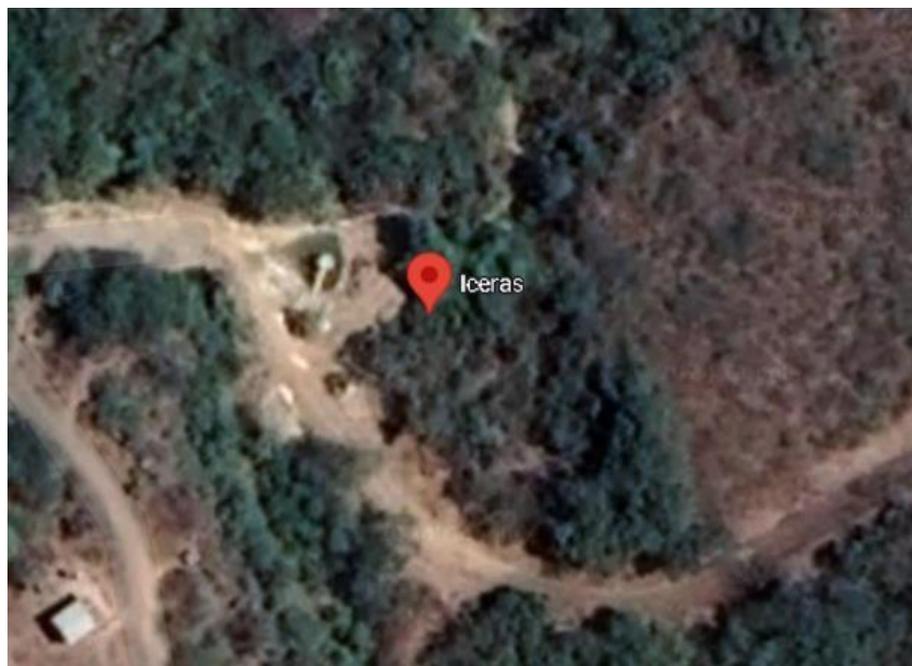


Figura 1. Ubicación del área experimental (Google Maps, 2024).

2.2 Materiales, equipos e insumos

Materiales:

- Cartulina
- Papel contact transparente
- Cuaderno de campo
- Marcador
- Fundas herméticas
 - Herramientas para cosecha

- Fundas de papel
- Vasos plásticos
- Piola
- Cinta
- Excavadora
- Fundas plásticas
- Sacos
- Agua destilada
- Vasos medidores

Equipos:

- Balanza manual
- Balanza digital
- Bomba de fumigación
- Refractómetro
- pHmetro
- Flexómetro
- Tarrinas plásticas
- Machete
- Cuchillo
- Exprimidor
- Calibrador Vernier digital
- Recipientes para muestras
- Cámara
- Calculadora

Insumos:

- Fertilizantes: Yaramila Complex, Nitrato de amonio, Sulfato de potasio, Monofosfato de amonio MAP.
- Metalosato multimineral

2.2.1 Material biológico

Se emplearon plantas de limón sutil (*Citrus aurantifolia*-Swingle) de aproximadamente 8 años de edad, injertadas sobre mandarina Cleopatra (*Citrus reshni*) sembradas a una distancia 6 x 6 m². El patrón es tolerante a la tristeza de los cítricos (*Citrus tristeza closterovirus*), exocortis (*Citrus exocortis viroid*), psoriasis de los cítricos (*Citrus psorosis virus*) y xiloporosis (*Citrus xyloporosis viroid*); se desarrolla bien en terrenos francos, teniendo gran resistencia a suelos salinos y produciendo frutos de calidad (Gonzalez y Tullo, 2019).

2.3 Tipo de investigación

Investigación experimental, dado que se busca controlar el efecto en conductas observadas, de acuerdo al desconocimiento y asesoramiento de la fertilización en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) (Alban, *et al.*, 2020).

2.4 Diseño de investigación

Las diferentes combinaciones de N, P, K y microelementos (tratamientos compuestos) estuvieron dispuestas en un diseño de bloques completamente al azar DBCA con tres réplicas; cada unidad experimental estuvo conformada por dos plantas.

2.5 Características agroquímicas del suelo

Previo a la investigación se realizó un muestreo de suelo en el área experimental para lo que se siguió la metodología establecida por Bejarano E. (1974); Osorio (2012), se tomó una muestra compuesta a partir de 9 submuestras a 30 cm de profundidad; la muestra compuesta fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Estación Litoral Sur del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. En la Tabla 9 y 10 se muestran los métodos utilizados para determinar el análisis de suelo.

Tabla 9. Metodología utilizada para la determinación de los elementos de análisis de suelo.

Determinación	Metodología	Extractante
NH ₄ , P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumetría	Pasta Saturada
pH	Potenciométrica	Suelo: agua (1:2.5)

Tabla 10. Metodología utilizada para la determinación de los elementos de análisis de suelo

Determinación	Metodología	Extractante
M.O.	Walkey Black	Dicromato de K
CIC		Acetato de Amonio
Na		Cloruro de Bario
C.E.	Extracto de pasta saturada	Agua

El suelo donde se realizó el experimento presentó una textura franca - arcillosa con materia orgánica baja, pH 7.3 prácticamente neutro; el nitrógeno en forma de NH_4 es bajo, así como los elementos (S, Fe, Mn, B), Zinc en nivel medio y en niveles altos (P, K, Ca, Mg, Cu), la suma de sus bases de 30,66, la relación Calcio/Magnesio media y Calcio/Potasio, así como también Calcio + Magnesio/ Potasio en niveles bajos. El análisis de salinidad en extracto de pasta de suelos indica la conductividad eléctrica (C.E.) 0,41suelo no salino, efecto despreciable en el rendimiento de los cultivos (Tabla 11).

Tabla 11. Características agroquímicas del suelo previo al inicio del experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle).

Análisis de suelo		Análisis de Salinidad en extracto de pasta de suelos					
pH	7.3 PN	pH				8.1	
*NH ₄	10 B	mS/cm	C.E.			0,41	
*P	24 A	Ca	mg/L			24,76	
K	1052 A	Na	mg/L			42,84	
*Ca	4601 A	Mg	mg/L			6,78	
*Mg	602 A	K	mg/L			28,13	
*S	7 B	Suma	mg/L			102,51	
		meq/L	CO ₃ *			0,24	
Zn	2.9 M		CO ₃ H			0,83	
			SO ₄ *			1,85	
Cu	6 A		Cl*			1,41	
*Fe	13 B	RAS(°)				2	
*Mn	3 B	PSI (°)				2	
*B	0.5 B	C.I.C.					
*Cl	-	meq/100 g					
Clase Textural: Franco - Arcilloso		Na	K	Ca	Mg	Suma	
		1,86	0,72	1,24	0,56	4,37	
*M.O. (%)	1.6 B	Interpretación (ug/ml):					
meq/100ml		NH ₄ , P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl					
K	*Ca	*Mg	ΣBases			B	Bajo
2.7 A	23.01 A	4.95 A	30.66			M	Medio
Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg / K			A	Alto	
4.64 M	1.84 B	10.37 B			LAI	Ligeramente alcalino	

2.6 Características Físico químico del agua

Este trabajo se la realizó en conjunto con el análisis de suelo, para esto se extrajo una muestrarepresentativa en un recipiente esterilizado de los pozos someros, luego enviados al Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Estación Litoral Sur del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, para la determinación de sus propiedades fisicoquímicas y niveles de concentraciones de minerales.

En la Tabla 12 se muestran los métodos utilizados para determinar el análisis de agua y

en la tabla 13 la interpretación.

Tabla 12. Metodología utilizada para la determinación de los elementos del análisis químico de agua.

Determinación	Método de Referencia	Técnica
Potencial de Hidrogeno (pH)	Método EPA 150.2	Electrométrica
Conductividad Eléctrica (C.E)	Standard Methods 2510B/EPA 120.1	
Sodio (Na)	Método EPA 273.1	Absorción Atómica
Potasio (K)	Método EPA 258.1	
Calcio (Ca)	Método EPA 215.1	
Magnesio (Mg)	Método EPA 242.1	

Tabla 13. Interpretación de los elementos del análisis químico de agua.

INTERPRETACIÓN	
C1: Aguas de salinidad baja	S1: Agua bajo en sodio
C2: Aguas de salinidad moderada	S2: Aguas medianas en sodio
C3: Aguas de salinidad mediana a alta	S3: Aguas de contenido alto de sodio
C4: Aguas de salinidad alta	S4: Aguas de contenido muy alto de sodio
C5: Aguas de salinidad muy alta	
C6: Aguas de salinidad excesiva	

El agua disponible para el cultivo de limón es de clase C3S1 (salinidad mediana a alta y bajo en sodio), con conductividad eléctrica 1004 mS/cm, pH 7.7 y el porcentaje de Sodio de 55.3 (Tabla 14).

Tabla 14. Características del agua previo al experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia Swingle*).

C.E.	<i>uS/cm</i>	1004
Ca		42,89
Na	mg/l	118,20
Mg		24,42
K		13,64
*CO₃		0,36
*HCO₃		2,88
*SO₄	<i>meq/L</i>	2,20
*Cl		4,14
	pH	7,7
	RAS (°)	4
	PSI (°)	4
	Na (%)	55,30
	Clase	C3 S1

2.6.1 *Tratamientos y Diseño experimental*

Se evaluaron tres dosis de nitrógeno (100, 150, 200), tres de fósforo (20, 30, 40) y tres dosis de potasio (50, 75, 100), todos ellos expresados en gramos planta⁻¹ año⁻¹ determinados de acuerdo con el análisis de suelo y agua y con los criterios de Vegas y Narrea, (2011), Orrala, *et al.*, (2012), Santistevan, *et al.*, (2017); Gonzalez y Tullo, (2019); más tres dosis de microelementos (considerando recomendaciones del fabricante). Los tratamientos compuestos (conjuntos ordenados de factores y niveles) estuvieron dispuestos en un arreglo ortogonal L9 (3)4, según Taguchi (1988), predefinidos en matrices elaboradas para su aplicación directa en la experimentación (Tabla 15).

Tabla 15. Tratamientos establecidos en *Citrus aurantifolia* - Swingle según método Taguchi L9 (3).

Tratamientos	Matriz método Taguchi (1988)				Tratamientos			
	N	P	K	Micro elementos	N	P ₂ O ₅ gramos planta ⁻¹ año ⁻¹	K ₂ O	Micro Elementos (L ha ⁻¹)
1	1	1	1	1	100	20	50	50
2	1	2	2	2	100	30	75	100
3	1	3	3	3	100	40	100	150
4	2	1	2	3	150	20	75	150
5	2	2	3	1	150	30	100	50
6	2	3	1	2	150	40	50	100
7	3	1	3	2	200	20	100	100
8	3	2	1	3	200	30	50	150
9	3	3	2	1	200	40	75	50

Las fuentes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio fueron el fertilizante compuesto Yaramila Complex, Nitrato de Amonio, Monofosfato de Amonio y Sulfato de Potasio. Para cumplir con la dosis del fósforo (20 g planta⁻¹, 30 g planta⁻¹, 40 g planta⁻¹), el 25% de este elemento se tomó del Yaramila Complex y el 75% del Monofosfato de Amonio (MAP); todas las dosis de los tratamientos se aplicaron de manera directa al suelo, en los bulbos húmedos de la cinta de riego.

Las diferentes combinaciones de N, P, K y microelementos (tratamientos compuestos) estuvieron dispuestas en un diseño de bloques completamente al azar DBCA con tres réplicas; cada unidad experimental estuvo conformada por dos plantas.

2.7 Manejo del experimento

Se realizó la limpieza del área experimental y la distribución de los tratamientos identificándolos con carteles

2.7.1 Control de malezas

Se realizó deshierbes manuales y con motoguadaña de manera preventiva una vez por mes durante el experimento.

2.7.2 Control fitosanitario

Se ejecutó monitoreo frecuentes para prevenir la infesta de plagas. Hubo presencia de ácaros y minador para su control se realizaron dos aplicaciones de abamectina (50 cc/100 litros de agua, según recomendaciones del fabricante).

2.7.3 Cosecha

Se realizaron 8 cosechas manuales durante los meses agosto, septiembre, octubre, noviembre del año 2022; registro expresado en Mg ha-1.

2.7.4 Fertilización edáfica y foliar

Fertilización edáfica. Durante el experimento se realizaron tres aplicaciones; antes de la brotación, durante la floración y antes de la cosecha; los fertilizantes que se emplearon fueron Yaramila complex (Nitrógeno total 12% (N amoniacal 7%, nítrico 5%); Fósforo 11%; Potasio 18%; Azufre 8%; Magnesio 2.7%; Boro 0.015%; Hierro 0.2%; Manganeso 0.02%; Zinc 0.02%), nitrato de amonio (N 34% de este porcentaje el 17% es amoniacal y 17% nítrico), monofosfato de amonio MAP (nitrógeno 12%, fósforo 61%) y sulfato de potasio (nitrógeno 50%), estos se aplicaron bajo la copa de los arboles siguiendo el bulbo de la cinta de riego.

Fertilización foliar. Mediante una bomba de 20 litros se aplicó Metalosato Multimineral (1.0% Ca; 0.5% Cu; 0.5% Fe; 1.0% Mg; 0.5% Mn; 0.1% Mo; 0.5% Zn) con dosis 50cc, 100cc y 150cc que corresponden a 1, 2, 3 litros por hectárea, respectivamente; se realizaron dos aplicaciones antes y después de la floración.

2.7.5 Riego

El sistema de riego fue por goteo, dependiendo del clima se aplicó cada 15 días desde el inicio del experimento.

2.8 Variables experimentales

2.8.1 Estado nutrimental del suelo

Al final de la temporada de garúa, se seleccionaron al azar 5 puntos de muestreo en la zona de la copa de los árboles por tratamiento y repetición. Se utilizó una pala de acero inoxidable para tomar submuestras de suelo de 250 g a una profundidad de 30 cm en cada sitio. Posteriormente, las submuestras recolectadas se mezclaron quedando 1 kg de suelo de cada tratamiento, mismos que fueron enviados al Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Estación Litoral Sur del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, para la determinación de sus propiedades fisicoquímicas y niveles de concentraciones de minerales. Es importante señalar que este análisis se efectuó al final del experimento

2.8.2 Estado nutrimental foliar

Se recolectaron hojas de color verde oscuro de una rama de los cuatro puntos cardinales por cada árbol de cada tratamiento y repetición; las muestras fueron lavadas, secadas, empaquetadas y marcadas en fundas de papel (Sadeghian, 2020) y enviadas al Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Estación Litoral Sur del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP; esta actividad se realizó al inicio y fin del experimento para determinación de contenido de nutrientes.

2.8.3 Variables de producción

Se consideraron en base al tamaño y aspecto uniforme del fruto.

Masa del fruto. Se lavaron y secaron 10 frutos de muestras por repetición de cada uno de los tratamientos, con la balanza digital ACCULAB VICON; variable expresada en gramos (g).

Diámetro ecuatorial y polar del fruto. A los mismos frutos que se pesó, con la ayuda de un calibrador Vernier digital marca Stainless se midió el diámetro ecuatorial y polar en la quinta cosecha; variable expresada en milímetros (mm).

Rendimiento. La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica, cáscara lisa de color verde intenso. Durante el experimento se realizaron 8 cortes, se pesaron todos los frutos cosechados y derivados a Mg ha⁻¹.

2.8.4 Variables de calidad del fruto

Sólidos solubles totales (Grados Brix). La determinación de esta propiedad se utilizó un refractómetro digital BOECO DBR65 de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Con un exprimidor se obtuvo jugo del fruto.
- Con la ayuda de un gotero se obtiene una muestra.
- Se coloca la muestra en la superficie del lente del refractómetro durante 3 segundos.

Se realizó la lectura correspondiente de sólidos solubles presente en el jugo, se promediaron los valores obtenidos por repetición y tratamiento.

Porcentaje de jugo. Los 10 limones de las muestras se exprimieron y el jugo extraído se pesó en la balanza digital, calculando mediante la fórmula:

$$(\%) \text{ Jugo} = \frac{\text{CJ (g)}}{\text{Peso total de frutos de muestra (g)}} * 100$$

Donde:

CJ. Cantidad de jugo extraído. Se promediaron los valores resultantes por repetición de cada uno de los tratamientos.

pH Se midió el pH del jugo de cada limón por tratamiento y repetición; los valores obtenidos se promediaron (pHmetro marca APERA Instruments modelo PH20).

2.8.5 Relación beneficio costo

Para determinar la relación beneficio - costo, se realizó un riguroso control de los egresos e ingresos relacionados con la mano de obra, labores agro técnicas, cosecha; más los costos de los tratamientos. Como ingreso se consideró como referencia el precio de 15 dólares por saco de 40 kg.

2.9 Análisis estadístico de los resultados

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y cuando hubo significancia estadística para comparar las medias se utilizó la prueba Tukey (≤ 0.05) en el software InfoStat versión profesional para Windows.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estado nutrimental del suelo

La Tabla 16 detalla los resultados del análisis de fertilidad del suelo para cada uno de los tratamientos. Se observa que el contenido de nitrógeno es bajo en todos los tratamientos, situación característica de los suelos de la provincia de Santa Elena. En este tipo de suelo y acorde con la ley del mínimo, el rendimiento se ve determinado por el nutriente presente en menor cantidad; cualquier otro nutriente en exceso no puede compensar la carencia del elemento limitante (Zambrano y Gavilanez, 2019). Es importante señalar que este análisis se efectuó al final del experimento

En el caso del Fósforo se mantuvo en niveles altos; de acuerdo con GINES (2023), en suelos con $\text{pH} > 7$ la solubilidad del Fósforo se reduce, debido al alto contenido de Calcio y Magnesio, por lo que se consideró aplicar una dosis baja de fósforo, para lo cual se utilizó Yaramila Complex y MAP.

En cuanto, a los microelementos el zinc, el hierro, el manganeso y el boro, en términos generales se mantuvieron en el mismo nivel que al inicio del experimento.

Tabla 16. Estado nutrimental del suelo al finalizar el experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle).

Tratamientos	µg/ml										
	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
T1: N ₁₀₀ P ₂₀ K ₅₀ + *1cc	12,50 B	33,00 A	968,50 A	4659,50 A	640,50 A	29,50 A	2,90 M	7,85 A	17,00 B	10,50 M	1,55 A
T2: N ₁₀₀ P ₃₀ K ₇₅ + *2cc	12,33 B	54,33 A	1233,33 A	4834,33 A	621,33 A	40,33 A	3,27 M	7,97 A	17,00 B	11,67 M	2,37 A
T3: N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + *3 cc	11,33 B	40,67 A	992,67 A	4512,33 A	616,00 A	29,00 A	3,20 M	7,27 A	16,33 B	14,00 M	1,67 A
T4: N ₁₅₀ P ₂₀ K ₇₅ + *1 cc	12,00 B	32,50 A	1020,50 A	4651,00 A	606,50 A	62,00 A	3,00 M	8,05 A	17,00 B	14,50 M	2,00 A
T5: N ₁₅₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + *2 cc	8,00 B	29,33 A	997,33 A	4666,00 A	559,67 A	29,67 A	3,03 M	8,60 A	16,33 B	11,33 M	1,47 A
T6: N ₁₅₀ P ₄₀ K ₅₀ + *2cc	9,67 B	37,00 A	963,33 A	4801,33 A	614,67 A	28,00 A	2,77 M	8,40 A	13,67 B	12,67 M	1,47 A
T7: N ₂₀₀ P ₂₀ K ₁₀₀ + *3cc	8,50 B	28,50 A	957,00 A	4637,00 A	602,50 A	22,50 A	2,85 M	7,20 A	13,00 B	12,00 M	1,75 A
T8: N ₂₀₀ P ₃₀ K ₅₀ + *1cc	11,67 B	39,00 A	985,67 A	4626,33 A	614,33 A	18,67 M	2,93 M	8,63 A	14,67 B	11,67 M	1,43 A
T9: N ₂₀₀ P ₄₀ K ₇₅ + *2 cc	12,33 B	41,33 A	965,00 A	4847,00 A	620,33 A	30,00 A	2,47 M	7,90 A	13,00 B	10,00 M	1,73 A

B= Bajo, A= Alto, M= Medi

3.2 Estado nutrimental foliar

La concentración foliar de los elementos obtenidos (Tabla 18) se compararon con los planteados por (Maldonado, *et al.*, 2001) en limón mexicano; por Les Aguerrea (2014) en *Citrus limon (L)*; Valdés y Palma (2017) en cítricos en general y por Rodríguez *et al.* (2018) en *Citrus latifolia* Tanaka.

De acuerdo con el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, al inicio del experimento, el Nitrógeno se encuentra en la gran mayoría de tratamientos deficientes y solamente en el T₆ es el adecuado. Sin embargo, Maldonado *et al.* (2001), propone rangos para el estado nutrimental de *Citrus aurantifolia* Swingle, un intervalo óptimo de 2.5 – 3.17; de acuerdo con este autor todos los tratamientos están en niveles bajos.

En Fósforo, INIAP reporta rangos adecuados de 0.1 – 0.3 siendo similar a los propuesto por Maldonado *et al.* (2001) y Rodríguez *et al.* (2018); para Les Aguerrea, (2014) los valores óptimos son de 0.13 a 0.15, estando, por lo tanto, todos los tratamientos en el nivel adecuado.

El Calcio y el Hierro se manifiestan excesivos según niveles establecidos por INIAP y corroborado por los autores antes citados, a excepción de Rodríguez *et al.* (2018) que en Hierro reporta como nivel mínimo 196 ppm y como máximo 890 ppm estando los valores obtenidos en este experimento dentro de estos resultados.

El Magnesio, Azufre, Zinc, Cobre, Manganeso y Boro se encuentran dentro de rangos nutrimentales adecuados, considerando los niveles críticos establecidos para limón sutil de Maldonado *et al.* (2001), exceptuando el Boro que en los tratamientos T₃, T₅, T₇, se supera el nivel óptimo.

Según el INIAP, al final del experimento se determinó niveles adecuados en casi todos los tratamientos para Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Magnesio, Azufre, Zinc, Cobre y Manganeso.

Comparando con Maldonado *et al.* (2001) indica que los rangos óptimos son de 0.37 – 0.62 %, 37 – 73 ppm, 8.5 – 14.5 ppm en Mg, Mn y Cu; con el Magnesio los tratamientos están

dentro del óptimo; mientras que el Cobre en todos los tratamientos se encuentran en nivel excesivo, a excepción del T₅ Y T₇ se muestran en el nivel adecuado.

Según Valdés y Palma (2017), los intervalos adecuados son de 2.1 a 2.4 para Nitrogeno, 0.12 a 0.16 para Fosforo y 0.7a 1.4 para Potasio respectivamente; los resultados de este experimento coinciden con los niveles de Nitrógeno, Fosforo y Potasio, que reporta el INIAP.

La (Tabla 19) de manera general indica que el fósforo, el potasio, el calcio, el manganeso, el azufre, en zinc y el manganeso se encuentran en niveles adecuados, que seguramente es el resultado de una correcta aplicación de los fertilizantes. En suelos salinos por lo general hay deficiencia en microelementos (Arvensisagro, 2020) y, en el caso particular del cobre, hierro y boro en todos los tratamientos hay exceso, que posiblemente se explique en la aplicación de yaramila complex y metalozato multimineral

Diversos autores reportan diferentes rangos en cuanto a los microelementos; por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2018) menciona para Calcio, como optimo 3,78%, pero difiere con el Hierro cuando señala 340,86 mg kg⁻¹ a diferencia de lo que reporta INIAP en los tratamientos rangos de 154 a 208 ppm. En el caso del Boro presenta como rango mínimo 108.42 mg kg⁻¹ y optimo 243.88 mg kg⁻¹, en cuanto al Zinc este mismo autor indica que su nivel óptimo es de 37.33 y el Azufre es de 0,23, lo que indica que los tratamientos se acercan a dicho nivel.

Tabla 17. Niveles adecuados de macro y micro elementos análisis folia para (*Citrus aurantifolia*)

%						Ppm				
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
2.2	0.1	1.0	1.5	0.2	0.2	20.0	6.0	60.0	20.0	20.0
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2.7	0.3	2.0	4.0	0.5	0.39	200.0	16.0	100.0	200.0	50.0

Tabla 18. Estado nutrimental foliar al inicio del experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle).

Tratamientos	%						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
T1: N ₁₀₀ P ₂₀ K ₅₀ + *50cc	1,70 D	0,15 A	1,28 A	5,16 E	0,40 A	0,27 A	20 A	12 A	283 E	37 A	99 A
T2: N ₁₀₀ P ₃₀ K ₇₅ + *100 cc	1,80 D	0,14 A	0,75 D	5,58 E	0,37 A	0,30 A	21 A	10 A	257 E	37 A	79 A
T3: N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + *150 cc	2,00 D	0,13 A	0,73 D	5,70 E	0,43 A	0,29 A	21 A	12 A	200 E	35 A	140 E
T4: N ₁₅₀ P ₂₀ K ₇₅ + *150 cc	1,80 D	0,15 A	1,19 A	4,98 E	0,40 A	0,33 A	22 A	12 A	272 E	40 A	74 A
T5: N ₁₅₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + *50 cc	1,95 D	0,26 A	0,88 D	5,33 E	0,42 A	0,31 A	21 A	11 A	226 E	41 A	153 E
T6: N ₁₅₀ P ₄₀ K ₅₀ + *100 cc	2,40 A	0,22 A	1,15 A	4,56 E	0,31 A	0,28 A	23 A	12 A	198 E	31 A	62 A
T7: N ₂₀₀ P ₂₀ K ₁₀₀ + *100 cc	1,80 D	0,32 A	1,24 A	5,28 E	0,40 A	0,31 A	22 A	13 A	321 E	39 A	139 E
T8: N ₂₀₀ P ₃₀ K ₅₀ + *150 cc	1,65 D	0,29 A	0,68 D	5,91 E	0,41 A	0,27 A	20 A	11 A	251 E	36 A	82 A
T9: N ₂₀₀ P ₄₀ K ₇₅ + *50 cc	1,75 D	0,29 A	0,62 D	5,85 E	0,45 A	0,28 A	21 A	11 A	253 E	40 A	96 A

D= Deficiente, A= Adecuado, E= Excesivo

Tabla 19. Estado nutrimental foliar al finalizar el experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle).

Tratamientos	%						Ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
T1: N ₁₀₀ P ₂₀ K ₅₀ + *50cc	1,87 D	0,20 A	1,84 A	3,66 A	0,33 A	0,20 A	22 A	20 E	208 E	29 A	162 E
T2: N ₁₀₀ P ₃₀ K ₇₅ + *100 cc	2,33 A	0,21 A	1,67 A	3,90 A	0,32 A	0,20 A	30 A	20 E	201 E	30 A	146 E
T3: N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + *150 cc	2,30 A	0,23 A	1,73 A	3,36 A	0,28 A	0,20 A	27 A	19 E	172 E	25 A	101 E
T4: N ₁₅₀ P ₂₀ K ₇₅ + *150 cc	2,30 A	0,21 A	1,73 A	3,74 A	0,31 A	0,21 A	23 A	17 E	155 E	26 A	115 E
T5: N ₁₅₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + *50 cc	2,37 A	0,23 A	1,84 A	3,70 A	0,31 A	0,22 A	24 A	16 A	154 E	26 A	121 E
T6: N ₁₅₀ P ₄₀ K ₅₀ + *100 cc	2,17 D	0,22 A	1,56 A	4,00 A	0,30 A	0,21 A	23 A	17 E	157 E	26 A	130 E
T7: N ₂₀₀ P ₂₀ K ₁₀₀ + *100 cc	2,00 D	0,20 A	1,48 A	3,90 A	0,28 A	0,23 A	22 A	16 A	187 E	29 A	119 E
T8: N ₂₀₀ P ₃₀ K ₅₀ + *150 cc	2,13 D	0,21 A	1,59 A	3,64 A	0,29 A	0,21 A	21 A	17 E	172 E	26 A	152 E
T9: N ₂₀₀ P ₄₀ K ₇₅ + *50 cc	2,13 D	0,19 A	1,43 A	4,08 E	0,31 A	0,21 A	21 A	17 E	189 E	26 A	121 E

3.3 Variables de producción

En la Tabla 20 se presentan los resultados de las variables; masa del fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar y rendimiento. Se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Masa del fruto. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos; el T₇ resultó con una media mayor a 58,70 g. Santistevan *et al.* (2017), en Colonche y Manglaralto obtuvo promedios entre 48.7 y 56.6 g con la aplicación de N₉₀₀ P₃₀₀ K₉₀₀. El incremento de la dosis de N P K (1050 - 450 - 1050), esencialmente el Potasio hace que el fruto se torne grande y con mayor peso Ruiz *et al.* (2022)

Diámetro ecuatorial y polar. Los resultados indican que no existen diferencias significativas. Estos valores son similares a los registrados por Solís y Tomalá (2010) que llegaron a alcanzar un diámetro de 41.2 mm con la aplicación de N₁₀₀₀ P₁₅₀ K₂₀₀. Santistevan, *et al.*,(2015) argumenta que a medida que aumentan los niveles de fertilización, hay un incremento paulatino del diámetro del fruto del limón sutil.

(González-Sicilia, (1968) manifiesta que los elementos P y K son factores de calidad del fruto, pero el fósforo también induce a mejorar el tamaño radial e incrementa el jugo, lo que se traduce a un aumento de la masa del fruto.

Rendimiento. Los resultados muestran rangos de 17.10 a 22.33 t ha⁻¹. Pérez-Zamora, (2004) en limón mexicano obtuvo 17,36 Mg ha⁻¹ con aplicación de N₂₄₀ P₀ K₀ g planta⁻¹ año⁻¹; Aburto *et al.*, (2021), obtuvo con N₅₀ P₄₆ K₃₅, 28 t ha⁻¹, coincidiendo con lo mencionado por Santistevan *et al.* (2017), un incremento en la fertilización de N K aumenta el rendimiento.

Tabla 20. Variables de producción: masa del fruto (g), diámetro ecuatorial (mm), diámetro polar (mm) y rendimientos (Mg ha⁻¹) de *Citrus auratifolia* - Swingle

Tratamientos	MF	DE (mm)	DP	Rendimiento
	(g)		(mm)	(T ha ⁻¹)
	Medias	Medias	Medias	Medias
T1: N ₁₀₀ P ₂₀ K ₅₀ + *1 cc	57,20 a	45,27 a	48,76 a	20,67 a
T2: N ₁₀₀ P ₃₀ K ₇₅ + *2 cc	53,57 a	44,95 a	47,69 a	18,43 a
T3: N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + *3 cc	55,10 a	45,83 a	48,12 a	19,60 a
T4: N ₁₅₀ P ₂₀ K ₇₅ + *1 cc	51,43 a	44,08 a	47,36 a	19,67 a
T5: N ₁₅₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + *2 cc	50,27 a	44,34 a	45,70 a	18,73 a
T6: N ₁₅₀ P ₄₀ K ₅₀ + *2 cc	54,47 a	44,73 a	48,36 a	19,90 a
T7: N ₂₀₀ P ₂₀ K ₁₀₀ + *3 cc	58,70 a	46,26 a	49,44 a	22,33 a
T8: N ₂₀₀ P ₃₀ K ₅₀ + *1 cc	57,13 a	48,27 a	49,07 a	17,10 a
T9: N ₂₀₀ P ₄₀ K ₇₅ + *2 cc	47,47 a	43,22 a	46,30 a	17,77 a
CV	9.03	6,79	4,23	13,96
p – valor	0,1764	0,7002	0,3894	0,4586
Tukey (≤ 0.05)	14,14065	8,91174	5,87956	7,84570

MF: Masa del fruto; DE: Diámetro Ecuatorial; DP: Diámetro Polar; *Metalosate Multimineral.

3.4 Variable de calidad del fruto

En la tabla 21 se presentan las medias de las variables; sólidos solubles totales, pH y porcentaje de jugo. Se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Sólidos Solubles Totales. Los valores obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre tratamientos, considerando sus medias entre 7,74 °Brix hasta 8,11 °Brix, valores aproximados a los encontrados por (Guerra, *et al.*, 2015) con 8.6 y 7.9° Brix.

pH. No existen diferencia entre los tratamientos, teniendo en cuenta que los nueve tratamientos varían en intervalos de 2,2 a 2,1. Los valores encontrados por (Rodríguez *et al.*, 2020), indican que los valores de pH se mantienen similares entre 2,16 por la interacción de fertilización y disponibilidad de agua en el suelo.

Los valores alcanzados en ambas variables están dentro de lo establecido por Puente (2006); INEN (2016) siendo característicos de la calidad del limón sutil.

Porcentaje de jugo. Los valores obtenidos no presentan diferencias significativas, numéricamente el T₉ es de mayor porcentaje con 41.59, valor que se asemeja al encontrado por Valarezo, et al., (2014) que registran un valor de 40% de jugo extraído.

Los resultados obtenidos son similares a los valores por el INEN (2016) como requisitos de calidad del limón sutil destinados para el consumo o para procedimiento industrial.

Tabla 21. Variables de calidad de frutos: Contenido de sólidos solubles totales (Grados Brix), porcentaje de jugo (%) y pH de *Citrus aurantifolia* Swingle.

Tratamientos	SST	PJ	pH
	(° Brix)	(%)	
	Medias	Medias	Medias
T1: N100 P20 K50 + *1 cc	7,86 a	37,68 a	2,12 a
T2: N ₁₀₀ P ₃₀ K ₇₅ + *2 cc	7,82 a	37,71 a	2,18 a
T3: N ₁₀₀ P ₄₀ K ₁₀₀ + *3 cc	7,83 a	36,72 a	2.18 a
T4: N ₁₅₀ P ₂₀ K ₇₅ + *1 cc	7,89 a	37,38 a	2.14 a
T5: N ₁₅₀ P ₃₀ K ₁₀₀ + *2 cc	7,74 a	41,31 a	2.17 a
T6: N ₁₅₀ P ₄₀ K ₅₀ + *2 cc	7,79 a	37,42 a	2.14 a
T7: N ₂₀₀ P ₂₀ K ₁₀₀ + *3 cc	7,86 a	37,41 a	2.21 a
T8: N ₂₀₀ P ₃₀ K ₅₀ + *1 cc	8,08 a	36,77 a	2.17 a
T9: N ₂₀₀ P ₄₀ K ₇₅ + *2 cc	8,11 a	41,54 a	2.15 a
CV	3,79	7,22	2,93
p – valor	0,8076	0,2873	0,8209
Tukey (≤ 0.05)	0,86744	8,01558	0,18371

3.4 Relación beneficio – costo

El costo general relativo a todos los tratamientos fue de 1866.4 dólares, abarca las siguientes actividades deshierbe, control fitosanitario (Abamectina), mano de obra de aplicación fitosanitarios y aplicación de fertilizantes, riego (gasolina) con su respectiva mano de obra y cosecha (Tabla 22).

El costo de cada uno de los tratamientos implica las dosis de Yaramila complex, Nitrato de amonio, Sulfato de potasio y Metalosato multimineral, calculados en kilogramos por hectárea. Para los ingresos, se tomó como referencia 15 dólares el saco de 40 kilogramos al momento de comercializar el limón. La relación beneficio costo es positiva en todos los tratamientos (Tabla 23).

Tabla 22. Costos generales de labores agrotécnicas limón sutil

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo Total
Deshierbe	Jornal	15	15	225
Control fitosanitario (Abamectina)	Litro	1	85	85
Mano de obra Aplicación fitosanitarios	Jornal	6	15	90
Mano de obra aplicación fertilizantes	Jornal	12	15	180
Riego (Gasolina)	Galón	36	2,4	86,4
Mano de obra riego	Jornal	20	15	300
Cosecha	Jornal	60	15	900
Total general				1866,4

Tabla 23. Costos de tratamientos para determinar la relación Beneficio/Costo

Tratamientos	Costo general	<u>Costos tratamientos</u>					Metalosato Multimineral	Subtotal tratamientos	Costo total tratamientos	Rendimiento Sacos ha-1	Ingresos*	Relación Beneficio/Costo
		Yaramila	Nitrato de Amonio	MAP	Sulfato de Potasio							
T1	1866,4	117,0	135,3	54,5	46,9	22,1	375,8	2618,0	517,3	7759,1	3,0	
T2	1866,4	175,3	129,1	81,8	70,4	44,2	456,5	2779,5	461,5	6921,9	2,5	
T3	1866,4	233,7	122,9	109,0	94,0	66,3	559,5	2985,4	490,0	7349,9	2,5	
T4	1866,4	117,0	209,3	54,5	74,9	66,3	455,7	2777,8	491,4	7370,4	2,7	
T5	1866,4	175,3	203,1	81,8	98,5	22,1	558,7	2983,7	468,0	7019,4	2,4	
T6	1866,4	233,7	196,8	109,0	37,7	44,2	577,3	3020,9	497,4	7460,6	2,5	
T7	1866,4	117,0	283,1	54,5	103,1	44,2	557,6	2981,7	558,2	8373,0	2,8	
T8	1866,4	175,3	276,9	81,8	42,3	66,3	576,3	3019,0	427,6	6413,5	2,1	
T9	1866,4	233,7	270,7	109,7	65,9	22,1	680,0	3226,4	444,2	6662,7	2,1	

*Se tomó como referencia el valor promedio de venta de quince dólares por saco

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El análisis foliar es un indicador muy importante, ya que permite conocer el nivel nutricional de la planta y así corregir la deficiencia de macro y micro elementos.
- Los productores de la zona nunca realizan fertilización integral basado en el análisis de suelo, por lo que, no se registró respuesta significativa de los tratamientos aplicados. Sin embargo, el tratamiento T1 (N₁₀₀ P₂₀ K₅₀ + 50cc) presento valores productivos superiores.
- La relación Costo-Beneficio resultó positiva en todos los tratamientos, lo que señala que la aplicación de fertilizantes con toda seguridad mejora los ingresos económicos de los pequeños productores

Recomendaciones

- Utilizar el análisis de suelo y análisis foliar, como indicadores del estado nutricional del suelo y de la planta, para de esta manera tomar correcciones de manera adecuada.
- Recomendar a pequeños y medianos productores el T1 (N100 P20 K50 + 1cc de microelementos por planta), mismo que obtuvo una relación beneficio costo, 3,0.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ‘Carlos Puente, 03 AGI 206 TESIS.pdf’ (2006). Available at: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/352/1/03%20AGI%20206%20TESIS.pdf> (Accessed: 14 June 2024).
- K. Mengel y E.A. Kirkby ‘64-principios-de-nutricion-vegetal.pdf’ 1987). Available at: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/64-principios-de-nutricion-vegetal.pdf> (Accessed: 22 April 2024).
- González-Sicilia_Fertilización.pdf’ (1968). Available at: https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7123/1968_Gonz%c3%a1lez-Sicilia_Fertilizaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Accessed: 17 June 2024).
- Maldonado T., Etchevers B., et al., ‘Estado nutrimental del limon mexicano en suelos calcimorficos.pdf’ (2001). Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319207.pdf> (Accessed: 17 June 2024).
- Ciampitti, I.A y Garcia, F.O. (2007). ‘Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajes’. Available at: [http://lacs.ipni.net/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/\\$FILE/AA%2012.pdf](http://lacs.ipni.net/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/$FILE/AA%2012.pdf) (Accessed: 22 April 2024).
- Aburto-González, C.A. *et al.* (2021) ‘NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA (*Citrus latifolia* Tanaka) MEDIANTE EL ENFOQUE DEL’, 46.
- Alban, G.P.G., Arguello, A.E.V. and Molina, N.E.C. (2020) ‘Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)’, *RECIMUNDO*, 4(3), pp. 163–173. Available at: [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173).
- Arvensisagro (2020) ‘Suelos salinos’, *Arvensis Agro*, 30 May. Available at: <https://www.arvensis.com/es/blog-los-suelos-salinos-en-la-agricultura-actual/> (Accessed: 4 June 2024).
- Borbor, N.O., L, A.S. and C, M.T. (2012) ‘Efecto de NPK en la Producción de *Citrus Aurantifolia* Swingle V. Sutil en Sinchal, Santa Elena.’, *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i1.5>.

Carvalho, R. *et al.* (2005) 'The relationships among lemons, limes and citron: a chromosomal comparison', *Cytogenetic and Genome Research*, 109(1–3), pp. 276–282. Available at: <https://doi.org/10.1159/000082410>.

Cifras Agroproductivas (no date a). Available at: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas> (Accessed: 14 June 2024).

Cifras Agroproductivas (no date b). Available at: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas> (Accessed: 14 June 2024).

'Determinación de la dosificación de abonado en los cítricos' (no date).

FAOSTAT (no date). Available at: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL> (Accessed: 5 June 2024).

Figuroa Sánchez, A.M. (2015) *Situación actual de los citricultores del valle del río Valdivia, Santa Elena, bajo el enfoque del marco de capitales*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2263> (Accessed: 14 June 2024).

Gonzalez-Arno, M.T. *et al.* (2013) 'Criopreservación de plantas en América Latina y el Caribe'.

Google Maps (2024) Google Maps. Available at: https://www.google.com/maps/place/Iceras/@-2.0609154,-80.4097758,13z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x902dbe9e62be452b:0xb57c8f00f9a2274d!8m2!3d-2.060916!4d-80.368576!16s%2Fg%2F1tmpf_h0?entry=ttu (Accessed: 17 June 2024).

Gonzales L.R., Tullo C.C., 'Guía Técnica Cultivo de Cítricos.pdf' (2019). Available at: https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_03.pdf (Accessed: 14 June 2024).

Guerra, D.D., Grajales, L.C. and Rojas, L.R. (2015) 'Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae)', *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), pp. 87–93. Available at: https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:382.

Indriyani, N.N. *et al.* (2023) 'Bioactive Components and Their Activities from Different Parts of *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle for Food Development', *Foods*, 12(10), p. 2036. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods12102036>.

Infoagro (2016) 'Fertilización de cítricos para un alto rendimiento', *Revista InfoAgro México*, 19 October. Available at: <https://mexico.infoagro.com/fertilizacion-de-citricos-para-un-alto-rendimiento/> (Accessed: 21 July 2022).

infoagro.com - Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos (no date). Available at: <https://www.infoagro.com/documentos/imprimir.asp?iddoc=65&idcap=1> (Accessed: 14 June 2024).

Ingeniarien, N. and Teknikoa, G.M.E. (no date) 'Nafarroako Unibertsitate Publikoa'. 'iniap-Manual Técnico No. 101.pdf' (no date). Available at: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1194/1/iniap-Manual%20T%c3%a9cnico%20No.%20101.pdf> (Accessed: 17 June 2024).

Junior, D.M., Quaggio, J.A. and Cantarella, H. (no date) 'MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO PARA CITRICOS DE ALTO RENDIMIENTO'.

'libroedafico.pdf' (no date). Available at: <https://sqmnutrition.com/wp-content/uploads/libroedafico.pdf> (Accessed: 17 June 2024).

Vegas U., Narrea M., (2011) 'OFICINA ACADÉMICA DE EXTENSIÓN Y PROYECCIÓN'.

Malavé, S.C.P. and Carbajal, S.S.V. (2019) 'MSc. Washington Rosales Castillo'.

Martín, A. (2017) 'Antagonismos y sinergias entre elementos nutritivos.', *Herogra HEROGRFertilizantes*, 18 August. 2017. Available at: <https://herografertilizantes.com/nutricion-vegetal-antagonismos-y-sinergias-entre-elementos-nutritivos/> (Accessed: 17 June 2024).

Méndez, M.S. and Otiniano, A.J. (2017) 'Niveles Crecientes de N y K en el Cultivo de Limón "Sutil" (Citrus aurantifolia Swingle) en Santa Elena, Ecuador', *Revista Científica Pakamuros*, 5(1). Available at: <https://doi.org/10.37787/qp9c4p66>.

Micronutrientes (nutrición vegetal) | Croda Crop Care (2024). Available at: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/micronutrients> (Accessed: 17 June 2024).

Micronutrientes (nutrición vegetal) | Croda Crop Care (2024). Available at: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/micronutrients> (Accessed: 17 June 2024).

- Oliver, A.Q. et al (2010) '24 ABONADO DE LOS CÍTRICOS'.
- Osorio, N.W. (2012) 'EL ANALISIS FOLIAR: UN PODEROSA HERRAMIENTA PARA DIAGNOSTICAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS, PASTURAS Y PLANTACIONES'.
- Paredes, F.L. and Millo, E.P. (1998) 'Normas para la fertilización de los agrios'.
- Pérez-Zamora, O. (2004) 'RENDIMIENTO Y CONCENTRACIÓN NUTRIMENTAL FOLIAR DE ÁRBOLES DE LIMÓ N MEXICANO FERTILIZADOS CON NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO'.
- Pino Mantilla, C., Soria Altamirano, C. and Espinel Martinez, R.L. (2009) 'Estudio de prefactibilidad para la producción de limon tahiti en la península de Santa Elena'. Available at: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/471> (Accessed: 23 April 2024).
- 'Riego especializado en el cultivo de cítricos' (no date). Available at: <https://azud.com/cultivo/citricos/> (Accessed: 14 June 2024).
- Rodríguez Polanco, E., Gutiérrez Díaz, J.S. and Orduz Rodríguez, J.O. (2018) 'Diagnostico nutricional del cultivo de la lima ácida Tahití [Citrus latifolia (Yu Tanaka) Tanaka] en el departamento del Tolima (Colombia)', *Temas Agrarios*, 23(2), pp. 144–153. Available at: <https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1298>.
- Rouiss, H. et al. (2018) 'Origin of C. latifolia and C. aurantiifolia triploid limes: the preferential disomic inheritance of doubled-diploid "Mexican" lime is consistent with an interploid hybridization hypothesis', *Annals of Botany*, 121(3), pp. 571–585. Available at: <https://doi.org/10.1093/aob/mcx179>.
- Sadeghian, S. (2020) 'Análisis foliar: Una guía para evaluar el estado nutricional del café.', *Avances Técnicos Cenicafé*, pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.38141/10779/0515>.
- Sánchez, A.M.F. (no date) 'INGENIERA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS Y AGRONEGOCIOS'.
- Santistevan, M., Julca, A. and Helfgott, S. (2015) 'Caracterización de las fincas productoras del cultivo limón en las localidades de Manglaralto y Colonche, (Santa Elena, Ecuador).', *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), pp. 133–142. Available at: <https://doi.org/10.26423/rctu.v3i1.81>.
- T, R.M. et al. (2001) 'Estado nutricional del limón mexicano en suelos calcimórficos', *Terra Latinoamericana*, 19(2), pp. 163–174.

Wright, G.C. (no date) ‘Cómo regar los cítricos’.

Zambrano, N. and Gavilanez, Á.A.L. (2019) ‘Evaluación de la Ley del Mínimo en *Hordeum Vulgare*’, *REVISTA MULTIDISCIPLINARIA DE DESARROLLO AGROPECUARIO, TECNOLÓGICO, EMPRESARIAL Y HUMANISTA.*, 1(1), pp. 4–4.

Legaz, F. and Primo-Millo, E. (1998) ‘Normas para la fertilización de los agrios’, *electronico* [Preprint]. Available at: <https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/7804> (Accessed: 21 May 2024).

Ghosh, A., Dey, K., Bhowmick, N. *et al.* Comportamiento reproductivo del limón (*Citrus limon* Burm.) afectado por diferentes intensidades de poda y manejo integrado de nutrientes en distintas temporadas de crecimiento. *Nacional. Acad. Ciencia. Letón.* 43, 81–84 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40009-018-0777-0>

Torri, S. (2005) ‘Análisis foliar’, in.

GINES, N.G. (2023) *Fertilizantes. Química y acción. 2a edición.* Ediciones Mundi-Prensa.

ANEXOS

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MASA	27	0,50	0,19	9,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	377,31	10	37,73	1,59	0,1963
TRATAMIENTOS	320,77	8	40,10	1,69	0,1764
BLOQUES	56,54	2	28,27	1,19	0,3290
Error	379,20	16	23,70		
Total	756,51	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,14065

Error: 23,7001 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
7	58,70	3	2,81 A
1	57,20	3	2,81 A
8	57,13	3	2,81 A
3	55,10	3	2,81 A
6	54,47	3	2,81 A
2	53,57	3	2,81 A
4	51,43	3	2,81 A
5	50,27	3	2,81 A
9	47,47	3	2,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 1. Análisis estadístico de masa de fruto

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D E	27	0,33	0,00	6,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	73,56	10	7,36	0,78	0,6463
TRATAMIENTOS	51,48	8	6,43	0,68	0,7002
BLOQUES	22,08	2	11,04	1,17	0,3348
Error	150,61	16	9,41		
Total	224,17	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,91174

Error: 9,4132 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
8	48,27	3	1,77 A
7	46,26	3	1,77 A
3	45,83	3	1,77 A
1	45,27	3	1,77 A
2	44,95	3	1,77 A
6	44,73	3	1,77 A
5	44,34	3	1,77 A
4	44,08	3	1,77 A
9	43,22	3	1,77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 2. Análisis estadístico del diámetro ecuatorial

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D P	27	0,52	0,22	4,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	71,33	10	7,13	1,74	0,1556
TRATAMIENTOS	37,40	8	4,67	1,14	0,3894
BLOQUES	33,94	2	16,97	4,14	0,0355
Error	65,56	16	4,10		
Total	136,89	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,87956

Error: 4,0973 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
7	49,44	3	1,17 A
8	49,07	3	1,17 A
1	48,76	3	1,17 A
6	48,36	3	1,17 A
3	48,12	3	1,17 A
2	47,69	3	1,17 A
4	47,36	3	1,17 A
9	46,30	3	1,17 A
5	45,70	3	1,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 3. Análisis estadístico del diámetro polar

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SST	27	0,47	0,15	3,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,29	10	0,13	1,44	0,2479
TRATAMIENTOS	0,39	8	0,05	0,54	0,8076
BLOQUES	0,90	2	0,45	5,04	0,0201
Error	1,43	16	0,09		
Total	2,71	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,86744

Error: 0,0892 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
9	8,11	3	0,17 A
8	8,08	3	0,17 A
4	7,89	3	0,17 A
7	7,86	3	0,17 A
1	7,86	3	0,17 A
3	7,83	3	0,17 A
2	7,82	3	0,17 A
6	7,79	3	0,17 A
5	7,74	3	0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 4. Análisis estadístico de sólidos solubles expresados en ° Brix.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% J	27	0,41	0,04	7,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84,16	10	8,42	1,11	0,4142
TRATAMIENTOS	82,53	8	10,32	1,35	0,2873
BLOQUES	1,62	2	0,81	0,11	0,8995
Error	121,84	16	7,62		
Total	206,00	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,01558

Error: 7,6152 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
9	41,54	3	1,59 A
5	41,31	3	1,59 A
2	37,71	3	1,59 A
1	37,68	3	1,59 A
6	37,42	3	1,59 A
7	37,41	3	1,59 A
4	37,38	3	1,59 A
8	36,77	3	1,59 A
3	36,72	3	1,59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 5. Análisis estadístico del Porcentaje de jugo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ph	27	0,22	0,00	2,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	10	1,8E-03	0,44	0,9037
TRATAMIENTOS	0,02	8	2,1E-03	0,52	0,8209
BLOQUES	8,7E-04	2	4,3E-04	0,11	0,8980
Error	0,06	16	4,0E-03		
Total	0,08	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18371

Error: 0,0040 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
7	2,21	3	0,04 A
2	2,18	3	0,04 A
4	2,18	3	0,04 A
8	2,17	3	0,04 A
5	2,17	3	0,04 A
9	2,15	3	0,04 A
6	2,14	3	0,04 A
3	2,14	3	0,04 A
1	2,12	3	0,04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ilustración 6. Análisis estadístico de pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
R/T	27	0,51	0,20	13,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	119,39	10	11,94	1,64	0,1831
TRATAMIENTOS	59,67	8	7,46	1,02	0,4586
BLOQUES	59,73	2	29,86	4,09	0,0367
Error	116,73	16	7,30		
Total	236,13	26			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,84570

Error: 7,2958 gl: 16

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
7	22,33	3	1,56 A
1	20,67	3	1,56 A
6	19,90	3	1,56 A
4	19,67	3	1,56 A
3	19,60	3	1,56 A
5	18,73	3	1,56 A
2	18,43	3	1,56 A
9	17,77	3	1,56 A
8	17,10	3	1,56 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,28554

Error: 7,2958 gl: 16

BLOQUES	Medias	n	E.E.
3	21,43	9	0,90 A
1	18,60	9	0,90 A B
2	18,03	9	0,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Ilustración 7. Análisis estadístico de rendimiento

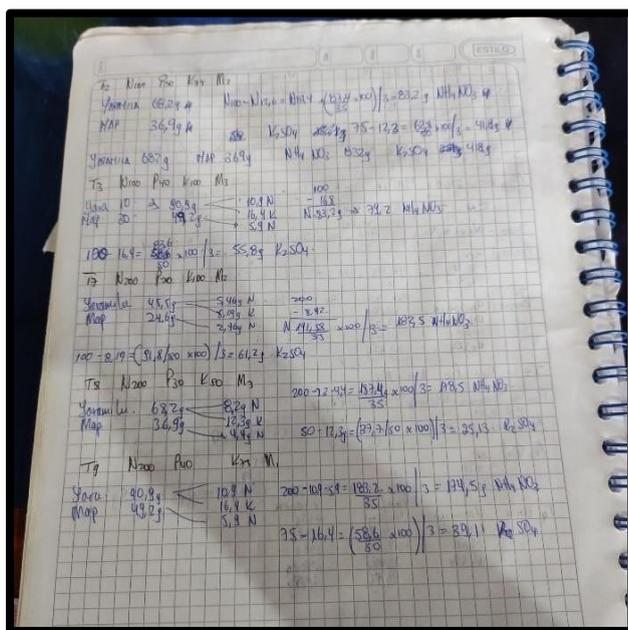


Ilustración 8. Cálculo de dosificación de fertilizantes



Ilustración 9. Aplicación foliar de micronutrientes

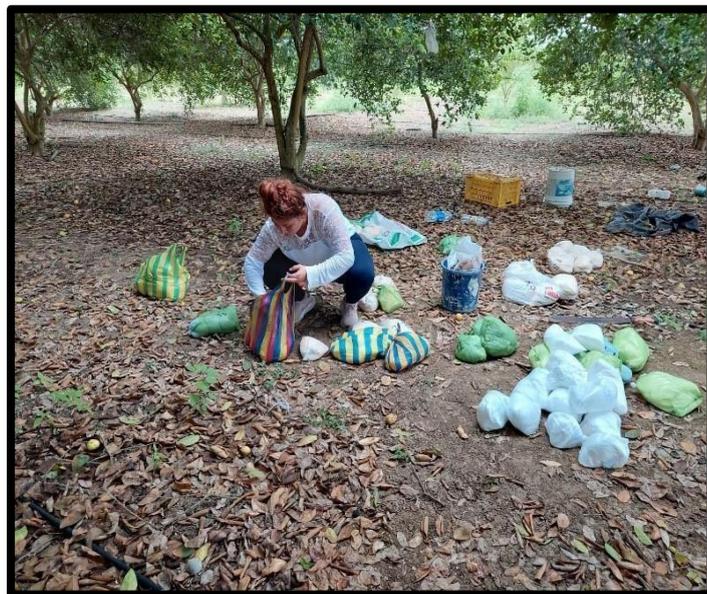


Ilustración 10. Dosificación de fertilizantes



Ilustración 12. Recolección de muestras



Ilustración 11. Análisis de laboratorio