



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

**NUTRICIÓN INTEGRAL EN CULTIVO DE LIMÓN SUTIL (*Citrus  
aurantifolia*) EN LA PARROQUIA COLONCHE - COMUNA  
MANANTIAL DE GUANGALA - SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor:** Andrea Yolanda Lozano Ramírez

**LA LIBERTAD**  
**2024**



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

**NUTRICIÓN INTEGRAL EN CULTIVO DE LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia*) EN LA PARROQUIA COLONCHE - COMUNA MANANTIAL DE GUANGALA - SANTA ELENA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor/a:** Andrea Yolanda Lozano Ramírez

**Tutor/a:** Ing. Néstor Orrala Borbor, PhD.

**LA LIBERTAD**  
**2024**



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios que me acompañó en cada momento durante este proceso, a mi madre Janet, a mi abuelita Blanca.

A mi Padre Hugo, a mis hermanos Andrés y Samuel; a mis tíos, tías y primas, quienes me ayudaron e impulsaron a seguir adelante.

A mis compañeros y amigos por sus palabras de aliento cuando más la necesitaba.

A todos los docentes que impartieron su conocimiento, dedicación y tiempo.

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo y logro a dos seres que han estado conmigo siempre:

Mi madre Janet Ramírez y mi abuelita Blanca Muñoz, ellas han sido mi motor y combustible, soy lo que soy gracias a su amor y paciencia.

A mis hermanos: Andrés y Samuel, quienes han estado y apoyado siempre.

A mis tíos, tías y primas que son fuente de admiración e inspiración.

A los compañeros que conocí en la universidad y que poco a poco fueron convirtiéndose en amigos hasta ser familia.

A mis amigos que en ningún momento dudaron de mí.

Este triunfo es por y para ustedes.

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo estimar la nutrición integral del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) mediante la aplicación de diferentes dosis de macro y microelementos considerando la calidad de suelo y agua en la parroquia Colonche. Se evaluaron tres dosis de nitrógeno (100, 150, 200), tres de fósforo (50, 75, 100), tres dosis de potasio (50, 75, 100), todos ellos expresados en gramos planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> más tres dosis de microelementos. El experimento se realizó bajo el diseño Bloques Completamente al Azar con nueve tratamientos y tres repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por cuatro plantas; los tratamientos compuestos estuvieron dispuestos por el método de Taguchi en un diseño ortogonal L9 (3)<sup>4</sup>. Se evaluó 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 T9: N<sub>200</sub> P<sub>100</sub> K<sub>75</sub> + \*50 cc de microelementos alcanzó 25.55 t ha<sup>-1</sup>. La relación B/C es positiva en todos los tratamientos.

**Palabras claves:** Nutrición integral, fertilización, limón, cítricos.

## ABSTRACT

The objective of this research work was to estimate the comprehensive nutrition of the subtle lemon (*Citrus aurantifolia* Swingle) through the application of different doses of macro and microelements considering the quality of soil and water in the Colonche parish. Three doses of nitrogen (100, 150, 200), three of phosphorus (50, 75, 100), three doses of potassium (50, 75, 100) were evaluated, all of them expressed in grams plant<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> plus three dosage of microelements. The experiment was carried out under the Completely Randomized Block design with nine treatments and three repetitions, each experimental unit was made up of four plants; The composite treatments were arranged by the Taguchi method in an orthogonal design L<sub>9</sub> (3)<sup>4</sup>. The nutritional status of the soil and leaves, fruit weight (PF), equatorial diameter (ED) and polar diameter (DP), yield per hectare, total soluble solids (TSS), percentage of juice (PJ) and pH were evaluated. In performance, all treatments had equal population means; The T<sub>9</sub> treatment stands out: N<sub>200</sub> P<sub>100</sub> K<sub>75</sub> + \*50 cc of microelements reached 25.55 t ha<sup>-1</sup>. The B/C relationship is positive in all treatments.

**Key words:** Integral nutrition, fertilization, lemon, citrus.

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**NUTRICIÓN INTEGRAL EN CULTIVO DE LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia*) EN LA PARROQUIA COLONCHE - COMUNA MANANTIAL DE GUANGALA - SANTA ELENA**” y elaborado por **Andrea Yolanda Lozano Ramírez**, 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:  
**ANDREA YOLANDA  
LOZANO RAMIREZ**

---

Firma del estudiante

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>Problema científico .....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>3</b>
<i>Objetivo general .....</i>	<i>3</i>
<i>Objetivos específicos .....</i>	<i>3</i>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Generalidades del limón sutil (Citrus aurantifolia Swingle).....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Nutrición integral del cultivo de limón sutil (Citrus aurantifolia Swingle) .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Importancia de los nutrimentos .....	5
1.2.2 Requerimientos nutricionales del limón.....	7
1.2.3 Fertilización.....	10
<b>1.3 Análisis foliar como indicador del estado nutrimental del limón (Citrus aurantifolia Swingle). .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Caracterización del área.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Material biológico y condiciones experimentales .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Materiales, equipos e insumos.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Características físico químicas del suelo.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5 Características físico químicas del agua .....</b>	<b>18</b>
<b>2.6 Tratamientos y diseño experimental .....</b>	<b>20</b>
<b>2.7 Análisis estadístico de los resultados .....</b>	<b>21</b>
<b>2.8 Manejo del experimento .....</b>	<b>21</b>
2.8.1 Fertilización edáfica y foliar.....	21
2.8.2 Riego .....	22
2.8.3 Control de malezas .....	22
2.8.4 Control fitosanitario .....	22
2.8.5 Cosecha .....	22
<b>2.9 Variables de estudio .....</b>	<b>22</b>
2.9.1 Estado nutrimental del suelo .....	22
2.9.2 Estado nutrimental foliar.....	23

2.9.3	Variables de producción.....	23
2.9.4	Variables de calidad del fruto.....	24
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Estado nutrimental del suelo.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Estado nutrimental foliar .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b>Variables de producción; Peso del fruto (g), diámetro ecuatorial (mm), diámetro polar (mm) y rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4</b>	<b>Variable de calidad del fruto: Contenido de sólidos solubles totales (Grados Brix), porcentaje de jugo (%) y pH .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5</b>	<b>Relación beneficio costo.....</b>	<b>33</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>36</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>36</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>36</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>37</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Dosis de fertilización recomendada según edad del cultivo de “Limón Criollo” .....	7
<b>Tabla 2.</b> Requerimientos nutricionales propuestos por varios autores de diferentes localidades para el cultivo de limón .....	9
<b>Tabla 3.</b> Periodos de mayor exigencia de N, P, K.....	11
<b>Tabla 4.</b> Rangos establecidos para estado nutrimental del cultivo de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) .....	12
<b>Tabla 5.</b> Rangos estándares del estado nutrimental de <i>Citrus limon</i> (L.).....	13
<b>Tabla 6.</b> Niveles críticos establecidos para cítricos en base al peso seco .....	13
<b>Tabla 7.</b> Rangos establecidos para el estado nutrimental de <i>Citrus latifolia</i> Tanaka.....	14
<b>Tabla 8.</b> Análisis de suelo previo al inicio del experimento en el cultivo de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) .....	17
<b>Tabla 9.</b> Metodología utilizada para la determinación de los elementos del análisis de suelo. ....	18
<b>Tabla 10.</b> Resultados del análisis de agua previo al experimento en el cultivo de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) .....	19
<b>Tabla 11.</b> Metodología utilizada para la determinación de los elementos del análisis de agua. ....	20
<b>Tabla 12.</b> Tratamientos establecidos en <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle según método Taguchi L9 (3) <sup>4</sup> .....	21
<b>Tabla 13.</b> Estado nutrimental del suelo al finalizar el experimento en el cultivo de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) .....	26
<b>Tabla 14.</b> Estado nutrimental foliar al inicio del experimento en el cultivo de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) .....	28
<b>Tabla 15.</b> Estado nutrimental foliar al finalizar el experimento en el cultivo de limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) .....	30
<b>Tabla 16.</b> Resultados de la prueba de Tukey al 5% de las variables de producción de <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle .....	32
<b>Tabla 17.</b> Resultados de la prueba de Tukey al 5% de las variables de calidad de frutos de <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle.....	33
<b>Tabla 18.</b> Costos generales de labores agrotécnicas limón sutil.....	34
<b>Tabla 19.</b> Relación beneficio costo tratamientos experimento "Nutrición integral en el cultivo de limón sutil ( <i>Citrus aurantifolia</i> Swingle) en la parroquia Colonche - Comuna Manantial de Guangala - Santa Elena" .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del área experimental .....	15
---	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Figura 1 A.</b> Análisis estadístico de la variable peso de fruto .....	42
<b>Figura 2 A.</b> Análisis estadístico de la variable diámetro ecuatorial.....	42
<b>Figura 3 A.</b> Análisis estadístico de la variable diámetro polar.....	43
<b>Figura 4 A.</b> Análisis estadístico de la variable pH.....	43
<b>Figura 5 A.</b> Análisis estadístico de la variable grados brix .....	44
<b>Figura 6 A.</b> análisis estadístico de la variable porcentaje de jugo .....	44
<b>Figura 7 A.</b> Análisis estadístico de la variable rendimiento t ha <sup>-1</sup> .....	45
<b>Figura 8 A.</b> Recolección de muestras de suelo en la finca “Don Guillermo” .....	45
<b>Figura 9 A.</b> Cosecha de limón sutil (Citrus aurantifolia Swingle).....	45
<b>Figura 10 A.</b> Recolección de frutos para análisis de las variables.....	46
<b>Figura 11 A.</b> Medición de diámetro polar.....	46
<b>Figura 12 A.</b> Fertilización edáfica .....	46
<b>Figura 13 A.</b> Muestras foliares para análisis.....	46

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los cítricos, se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales de más de 140 países, (Vu *et al.*, 2018). Según FAOSTAT (2020), en América se muestra el 41% y en Asia el 42.7%; sobresalen como países productores India con 3 177 750 t, México con 2 664 215 t y China con 2 535 436 t.

El limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) también llamado lima ácida, lima gallega o limón criollo, se siembra durante todo el año, su periodo productivo inicia 4 años después de su siembra y se extiende hasta aproximadamente 15 años, (MIDAGRI, 2017). En relación a los patrones de limón se reportan 15, de los que se destacan Mandarina Cleopatra, Citranger Troyer, Citranger Carrizo, Citrumelo Swingle y Limón Volkamericano (García, 2015). Según el Proyecto Integral de Desarrollo Agrícola, Ambiental y Social de forma sostenible en Ecuador, dentro del país la especie más cultivada es el limón sutil (*Citrus aurantifolia*), seguido por el limón Tahití (*C. latifolia*), las cuales en conjunto cuentan con un total de 4 400 ha cultivadas.

En Ecuador, el limón se lo cultiva en los valles cálidos de la sierra, valles secos de la costa y ciertas zonas amazónicas, Portoviejo, Península de Santa Elena, Santa Isabel, Puerto Quito, Echeandia, Chota, Guayllabamba, San José de Minas, Tumbaco, Puyo, Nueva Loja (Puente, 2006).

Según las cifras de (PIDAASSE, 2011), en la provincia de Santa Elena se encuentran 500 ha de limón sutil, se distribuye en unidad de producción agropecuaria, cada una cuenta con un área entre 0.3 a 10 ha.

La producción del cultivo de limón posee una gran importancia a nivel económico y social dentro de la provincia, sin embargo tiene una serie de problemas que dan como resultado bajo rendimiento y producción. Uno de los más preocupantes es la inadecuada fertilización tanto en periodos de tiempo como en cantidad de dosis, debido al desconocimiento del tipo de suelo y calidad de agua con la que se cultivan estos cítricos.

La nutrición integral es un factor imprescindible en los cítricos, ya que esta provee un sano desarrollo y vigorosidad a los cultivos, lo que conlleva a una producción con alta calidad, puesto que los árboles necesitan tener la disponibilidad de nutrientes

requeridos y que la demanda de cada uno de ellos sea igual que el suministro, (Dorado Guerra *et al.*, 2015).

**Problema científico:**

¿Es posible, incidir en el desarrollo y rendimiento mediante la aplicación de macro y micronutrientes, en el cultivo de limón sutil?

**Objetivos**

***Objetivo general:***

Estimar la nutrición integral en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en Manantial de Guangala – Provincia de Santa Elena.

***Objetivos específicos:***

- Determinar la mejor respuesta en el cultivo de limón sutil, en cuanto a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados, potásicos y microelementos.
- Establecer la concentración foliar de nutrimentos como mecanismo de referencia del estado nutricional del cultivo.
- Determinar la relación beneficio costo de cada uno de los tratamientos.

**Hipótesis:**

Se prevé que por lo menos un tratamiento tendría diferencia en el rendimiento de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle).

## CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### **1.1 Generalidades del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle)**

El limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) representa una de las principales especies dentro del género *Citrus*. Se trata de un árbol compacto, alcanzando alturas de 4 a 5 metros, con un tronco a menudo retorcido, ramas que exhiben espinas axilares cortas y duras, y hojas oblongo-ovales o elíptico-ovales que miden entre 2.5 y 9 cm de longitud, con un ancho de 1.5 a 5.5 cm. Las hojas presentan una base redondeada y un ápice ligeramente recortado, con márgenes levemente crenulados. Los pecíolos son notoriamente alados. Las flores, blancas y fragantes, tienen un diámetro de 1.5 a 2.5 cm y se agrupan en inflorescencias axilares de 1 a 7 flores. (Puente, 2006).

Los frutos, de forma oval o globosa con un ápice ligeramente deprimido, inicialmente son de color verde oscuro y cambian a tonos verde amarillento o amarillo a medida que maduran, alcanzando un diámetro de 3.5 a 5 cm o más. La piel del fruto es delgada y se quiebra fácilmente, mientras que la pulpa es verdosa, jugosa y notablemente ácida. Las semillas, pequeñas y ovales, son altamente poliembriónicas. (Puente, 2006).

Según Orduz y Matheus (2012), los cítricos tienen la capacidad de desarrollarse en diversas condiciones edafoclimáticas, que van desde climas subtropicales relativamente frescos hasta áreas tropicales cálidas. Para su óptimo desarrollo, se requieren temperaturas que oscilen entre un mínimo de 10 °C y un máximo de 24 °C; temperaturas por debajo de 12 °C afectan tanto el crecimiento vegetativo como aquellas superiores a 35 °C, las cuales también aceleran la maduración de los frutos. En términos de humedad, el intervalo ideal se sitúa entre el 40% y el 70%; un exceso de humedad fuera de este rango favorece la propagación de enfermedades fúngicas. Además, es necesario contar con niveles elevados de luminosidad, especialmente para variedades como el limón sutil y en general para los cítricos, (Vegas y Narrea, 2011).

### **1.2 Nutrición integral del cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle)**

La nutrición de las plantas se lleva a cabo de tres maneras: en primer lugar, la nutrición carbonada implica la incorporación y conversión del dióxido de carbono en carbohidratos durante el proceso fotosintético; en segundo lugar, la nutrición hídrica implica la absorción de agua para la fotosíntesis, junto con la absorción de minerales;

y en tercer lugar, la nutrición mineral se produce mediante la absorción de nutrientes en formas iónicas y catiónicas. Cuando se combinan estas tres formas de nutrición, se logra un sistema de alimentación completo e integral para las plantas. (Obreza y Morgan, 2008).

Diecisiete elementos son esenciales para el crecimiento y funcionamiento de las plantas. El carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O), que constituyen aproximadamente el 95 % de la biomasa de los árboles, son proporcionados por la naturaleza. Los otros 14 elementos minerales son nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni), (Sharma *et al.*, 2021), el calcio (Ca) es el elemento más abundante en las partes vegetativas, seguido por el nitrógeno (N), potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S) y fósforo (P). No obstante, el N y el K son los más abundantes en el fruto, cerca del 30% del N total en la planta y el 70% del K se localizan en el fruto, (Molina, 2000).

Los cítricos presentan elevados requisitos nutricionales, destacando entre los macronutrientes el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). La carencia o exceso de estos elementos puede tener efectos perjudiciales en la calidad y la producción de la fruta. En cuanto a los micronutrientes esenciales, se incluyen el manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo). Garantizar la disponibilidad adecuada de estos micronutrientes puede significativamente mejorar el rendimiento, la calidad de la fruta y el desarrollo de los árboles, (Tripti Vashisth, 2020). Los micronutrientes aparecen en concentraciones inferiores a  $100 \mu\text{g g}^{-1}$  y los macronutrientes en concentraciones superiores a 0,1%, ambos se encuentran en los tejidos vegetales, (Oliveira, 2016).

### **1.2.1 Importancia de los nutrimentos**

Nitrógeno. Este elemento tiene gran influencia sobre el crecimiento, la floración y la productividad, en ciertas condiciones da un gran valor a la calidad del fruto, (Quiñones *et al.*, 2010). Se debe aplicarse fraccionado en tres o cuatro partes, tanto en plantaciones jóvenes como en adultas. (Vegas y Narrea, 2011). Cuando hay una deficiencia de este elemento, las hojas adquieren un color amarillo pálido o verde amarillento. Este déficit conlleva a una disminución en la producción y en el tamaño

de los frutos, así como a una cáscara más delgada. Además, se observa una reducción en la acidez y en el contenido de jugo del cítrico, (Szita, 2012).

**Fósforo.** Suministra la energía esencial para funciones vitales, como la fotosíntesis, y desempeña un papel crucial en la calidad y firmeza de los frutos. En plantas con deficiencia, los frutos tienden a adquirir una coloración más intensa, presentar un tamaño ligeramente mayor y contar con una cáscara más gruesa. Además, se observa un aumento en el contenido de azúcar y en la acidez del jugo, (Acebo, 2018). Es esencial en las primeras etapas de crecimiento de la planta, favoreciendo un desarrollo radicular óptimo. Durante la fase de floración, se aplica antes del trasplante y durante el desarrollo de la planta, teniendo en consideración su persistencia y baja tasa de asimilación. La falta de este elemento conduce a un sistema radicular poco desarrollado, hojas adultas con tonalidades bronceadas, brotes débiles, escasa producción de jugo y una floración deficiente. Por otro lado, su exceso puede ocasionar deficiencias en zinc (Zn) y cobre (Cu), (Vegas y Narrea, 2011).

**Potasio.** Importante en la calidad de la fruta, fortalece la resistencia al frío y a la sequía. Se administra de manera fraccionada antes de la floración y durante la fructificación. La carencia de este elemento resulta en un decrecimiento del desarrollo vegetativo, manifestado en hojas más pequeñas y deformadas, frutos de menor tamaño y piel delgada. Por otro lado, un exceso de este elemento produce frutos con escaso contenido de jugo y puede inducir deficiencias de magnesio. ((Vegas y Narrea, 2011; (Akmed, 2020)).

Los síntomas de deficiencia son presencia de frutos pequeños con cáscara delgada, hojas pequeñas que se enrollan sobre sí mismas, puede presentarse defoliación y en algunas ocasiones presencia de goma, (Szita, 2012).

**Calcio.** Se encarga de la formación de la membrana celular y está vinculado a la actividad meristemática. Además, ejerce una considerable influencia en la regulación del sistema enzimático, fortalece la resistencia de los tejidos contra patógenos y, en el caso de los frutos, contribuye a prolongar su vida útil poscosecha y mejora la calidad nutricional. Sin embargo, un exceso de calcio puede obstaculizar la absorción de potasio. (Yfran *et al.*, 2017)

**Magnesio.** La absorción del magnesio es inhibida por el potasio en mayor escala que el calcio. Es de suma importancia en los procesos vitales, por lo cual se encuentra más en hojas y semillas que en tallos y raíces. Síntomas de deficiencia: amarillamiento entre las nervaduras de las hojas más viejas, la parte basal permanece de color verde hasta un estado avanzado, lo que lleva a la formación de una “V” invertida y aspecto bronceado. Los frutos presentan mayor acidez, pueden inducir deficiencia de zinc, (Szita, 2012).

**Zinc.** Interviene en distintas enzimas, indirectamente su déficit inhibe la síntesis proteica, presenta formación de zonas amarillentas alrededor de los nervios secundarios de las hojas, las hojas jóvenes alcanzan un tamaño inferior al normal, reduce el rendimiento, frutos de menor tamaño, poco zumo y baja concentración de sólidos solubles, (Quiñones et al., 2010).

### 1.2.2 Requerimientos nutricionales del limón

Este requerimiento Los elementos presentes en los órganos caídos y en las hojas viejas que se desprenden pueden ser reabsorbidos por la planta a medio y largo plazo., (Legaz, 1997).

**Tabla 1.** Dosis de fertilización recomendada según edad del cultivo de “Limón Criollo”

Edad de la Plantación	g/árbol		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	140	300	60
1	30	15	50
2	60	30	100
3	90	45	150
4	120	60	200
5	150	75	250

Fuente: Bertran (1980)

Según Quaggio *et al.* (2002), realizó un estudio probando diferentes dosis de fertilización, obteniendo una respuesta cuadrática del rendimiento por efecto de la fertilización NPK; lo antes mencionado se atribuye al amplio rango evaluado para N (30, 100, 170 y 240kg·ha<sup>-1</sup>) P (9, 27, 62 y 79kg·ha<sup>-1</sup>) y K (24, 91, 158 y 225kg·ha<sup>-1</sup>).

Los niveles nutricionales estuvieron desde deficiencia hasta estar en exceso,  
(Boughalleb *et al.*, 2011).

**Tabla 2.** Requerimientos nutricionales propuestos por varios autores de diferentes localidades para el cultivo de limón.

<b>Autor</b>	<b>Localidad</b>	<b>Edad del cultivo</b>	<b>Densidad (m)</b>	<b>Dosis N P K kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>Dosis N P K g árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup></b>	<b>Rendimiento Mg ha<sup>-1</sup></b>
Lai y Dayal (2014)	India	6	6 x 6	N <sub>138.5</sub> P <sub>83.1</sub> K <sub>83.1</sub>	N <sub>83.33</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	1.53
Orrala <i>et al.</i> , (2012)	Santa Elena-Ecuador	14	5.5 x 5.5	N <sub>330</sub> P <sub>49.5</sub> K <sub>132</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>15</sub> K <sub>40</sub>	32.4
Santistevan <i>et al.</i> , (2017)	Santa Elena-Ecuador	6	6 x 6	N <sub>250</sub> P <sub>83</sub> K <sub>250</sub>	N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>150</sub>	Manglaralto: 5.7 Colonche: 6.6
Bhandari <i>et al.</i> , (2017)	India	10	6 x 6	N <sub>249.3</sub> P <sub>110.8</sub> K <sub>110.8</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	9.63
Prabhu <i>et al.</i> , (2018)	India	8	5 x 5	N <sub>1920</sub> P <sub>640</sub> K <sub>960</sub>	N <sub>600</sub> P <sub>200</sub> K <sub>300</sub>	13.63
Aburto-González <i>et al.</i> , (2021)	México	11	6 x 6	N <sub>139</sub> P <sub>129</sub> K <sub>99</sub>	N <sub>50.18</sub> P <sub>46.57</sub> K <sub>35.74</sub>	28
Gaikwad <i>et al.</i> , (2022)	India		6 x 6	N <sub>221.6</sub> P <sub>83.1</sub> K <sub>193.9</sub>	N <sub>800</sub> P <sub>300</sub> K <sub>700</sub> g árbol <sup>-1</sup>	10.22
Almadiy <i>et al.</i> , (2023)	Arabia Saudita	21	4 x 5	N <sub>500</sub> P <sub>125</sub> K <sub>250</sub>	N <sub>100</sub> P <sub>25</sub> K <sub>50</sub>	55.5

### **1.2.3 Fertilización**

La fertilización tiene como fin incrementar la fertilidad natural del suelo, y, por tanto, obtener un aumento del rendimiento de la producción. Sin embargo, la productividad es el resultado de la interacción de una serie de factores, tanto inherentes a la planta como ambientales o de cultivo. Por tanto, para que la fertilización sea eficaz no debe existir otro factor que limite la productividad por debajo de los requerimientos nutricionales, (Barlóg *et al.*, 2022). Además, se ha de tener en cuenta que el aporte de fertilizantes será superior a las necesidades, ya que al aplicar éstos se origina un porcentaje de pérdidas por diferentes causas, (Legaz, 1997).

**Fertilización inorgánica.** La fertilización de los cultivos de cítricos, enfatiza en la necesidad de descubrir en primer lugar las necesidades y características del suelo de cultivo; estos parámetros están condicionados en gran medida por la zonificación donde se encuentre establecido el cultivo. Se deben tener como elementos principales de fertilizantes, el nitrógeno, el fósforo y el potasio, ya que estos intervienen en mayor medida en el rendimiento de las plantas y en la calidad de sus frutos, (Molina, 2017). La fertilización química oportuna puede proporcionar beneficios en los cultivos, aumentando su rendimiento, mejorando el tamaño, color y sabor del producto y elevando el valor nutritivo del fruto, (Martínez, 2018)

**Tipos de fertilizantes inorgánicos.** De acuerdo a la cantidad de los nutrientes que proporcionan los fertilizantes son clasificados en fertilizantes: simples (nitrogenados, fosfatados y potásicos), compuestos y mezclas. Los fertilizantes simples consisten en que sólo contiene un fertilizante principal. Sin embargo, los fertilizantes compuestos son aquellos que contienen al menos dos de los nutrientes básicos principales. (Alfonzo *et al.*, 2019)

#### **Factores a considerar en la dosificación**

**Análisis del suelo y agua de riego.** El análisis del suelo aporta información sobre la disponibilidad de elementos asimilables por la planta e información complementaria sobre las características del mismo que inciden en los comportamientos de los abonos. La fertilidad de suelo pierde, en términos relativos, la importancia que tiene en el caso de los métodos de abonado tradicional, (Legaz, 1997).

Los análisis de agua de riego permiten evaluar la calidad y contenido de sales minerales que incorporadas al suelo pueden actuar como fuente de nutrimentos para la planta, (Legaz, 1997).

**Análisis foliar.** Los resultados revelan la absorción de los nutrimentos por plantación, permite indicar la disponibilidad de reservas de la planta y la posible presencia de antagonismos entre nutrientes. (Legaz, 1997).

**Eficiencia de uso de los fertilizantes.** Se indica la proporción de determinado elemento que es aprovechado por la plantación cuando se aplica una dosis determinada del mismo. El porcentaje de eficiencia de un nutriente aplicado a un cultivo de cítricos se determina de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia \%} = \frac{\text{Nutriente absorbido plantación}}{\text{Dosis aplicado (kg)}} \times 100$$

La conexión entre la cantidad aplicada de un elemento y su rendimiento en el cultivo no sigue una relación lineal. A medida que se aumentan las dosis, la eficiencia tiende a disminuir. Esta tendencia en la respuesta a la aplicación de fertilizantes sugiere que el porcentaje de eficiencia debe evaluarse en relación con la dosis considerada óptima desde una perspectiva agronómica, teniendo en cuenta el tipo de cultivo y las prácticas culturales específicas. (Legaz, 1997).

**Época de aplicación.** Se debe relacionar junto con el comportamiento de fertilizantes en el suelo y los periodos de mayor exigencia, siendo según Malavolta (1981), los periodos de mayor exigencia ocurren durante la floración y en la formación de hojas y brotes, véase los periodos de mayor exigencia de N, P, K en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Periodos de mayor exigencia de N, P, K.

Período	Elementos		
	N	P	K
Antes del crecimiento	X		
Floración	X	X	
Final de la floración			X

Caída prematura de frutos	X		X
Maduración de frutos	X	X	X

Fuente: Malavolta (1981)

### 1.3 Análisis foliar como indicador del estado nutrimental del limón (*Citrus auriantifolia* Swingle).

El diagnóstico del estado nutrimental de la plantación a través del análisis foliar juega un papel importante para mejorar la condición del mismo y a su vez es clave para una adecuada fertilización ya que éste sirve como indicador dando a conocer el déficit o exceso de determinado elemento en el cultivo, también nos informa acerca de la absorción real de los nutrientes y permite evaluar las reservas disponibles de aquellos elementos que son móviles en la planta, (Quiñones et al., 2010); (Schumann et al., 2019); (Legaz, 1997)

Existen métodos para interpretar los análisis nutrimentales, los más precisos, versátiles y confiables son: el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), el método de Desviación del óptimo porcentual (DOP), el método convencional o de Rangos de Suficiencia (RS), (Polanco *et al.*, 2018).

**Tabla 4.** Rangos establecidos para el estado nutrimental del cultivo de limón (*Citrus auriantifolia* Swingle)

Nutrientes	Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Exceso
Nitrógeno		1.82 –		3.18 –	
(%)	<1.81	2.49	2.50-3.17	3.85	>3.86
Fósforo		0.10 –	0.18 –	0.26 –	
(%)	< 0.09	0.17	0.25	0.29	>0.30
Potasio		0.07 –	1.28 –	1.88 –	
(%)	< 0.06	1.27	1.87	2.47	>2.48
Calcio		1.72 –	3.73 –	5.74 –	
(%)	< 1.71	3.72	5.73	7.74	>7.75
Magnesio		0.11 –	0.37 –	0.63 –	
(%)	< 0.10	0.36	0.62	0.88	>0.89
Hierro		31 –		116 –	
(mg kg <sup>-1</sup> )	< 30	60	61 – 115	170	>171

Manganeso			19 –		74 –	
	(mg kg <sup>-1</sup> )	< 18	36	37 – 73	102	>103
Zinc			11 –			
	(mg kg <sup>-1</sup> )	< 10	21	22 – 32	33 – 43	>44
Cobre			4.3 –		14.6 –	
	(mg kg <sup>-1</sup> )	< 4.2	8.4	8.5 – 14.5	20.6	>20.07
Boro			26 –		78 –	
	(mg kg <sup>-1</sup> )	< 25	50	51 – 77	104	>105

Fuente: Maldonado *et al.*, (2008)

**Tabla 5.** Rangos estándares del estado nutricional de *Citrus limon* (L.).

Nutrimentos		Muy Bajo	Bajo	Óptimo	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 6.** Niveles críticos establecidos para cítricos en base al peso seco.

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 7.** Rangos establecidos para el estado nutrimental de *Citrus latifolia* Tanaka.

Nutrimentos		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 <sup>-1</sup> )	196	340.86	890.00
Manganeso	(mg kg <sup>-1</sup> )	8	48.36	93.00
Zinc	(mg kg <sup>-1</sup> )	5	37.33	137.00
Cobre	(mg kg <sup>-1</sup> )	3	58.75	255.00
Boro	(mg kg <sup>-1</sup> )	108.42	243.88	808.99

Fuente: Rodríguez *et al.*, (2018)

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Caracterización del área

Este estudio se realizó en la finca “Don Guillermo” situada en la Comuna Manantial de Guangala, cantón Santa Elena con coordenadas -2.003731,-80.583784. (Figura 1)

El clima de esta localidad es mega térmico árido a semiárido, las temperaturas oscilan entre 24°C a 32°C, cuenta con precipitaciones inferiores a 500 mm/año en los meses de enero a abril, esta época es denominada lluviosa mientras que la época seca que comprende los meses de junio a octubre los valores mínimos son de 125,5 mm/año, (Gobierno autónomo descentralizado Parroquial de Colonche, 2015). El experimento se efectuó desde enero del 2022 hasta diciembre del 2022 teniendo una duración de 12 meses.



**Figura 1.** Localización del área experimental

### 2.2 Material biológico y condiciones experimentales

Para este experimento se trabajó con 108 plantas de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) de 4 años de edad aproximadamente, con desarrollo fisiológico, condiciones fenotípicas uniformes y un marco de plantación de 6 metros entre hilera y 6 metros entre planta, fueron injertadas sobre patrón mandarina cleopatra (*Citrus reshni*), la cual es mayormente utilizada como portainjerto o patrón en una gran variedad de especies cítricas, ya que se destaca por poseer un mayor desarrollo radical, resistencia, (Castro y Moreira, 2019).

### 2.3 Materiales, equipos e insumos

Materiales:

- Fundas de papel
- Fundas herméticas
- Tarjetas distintivas
- Cuaderno de campo
- Exprimidor
- Cuchillo
- Sobres de papel
- Pala de acero inoxidable
- Cámara

Equipos:

- Bomba de fumigación de 20 litros
- Balanza Digital
- Sobres de papel
- pH-metro
- Refractómetro
- Pie de rey digital

Insumos:

- Sacos de Nitrato de amonio
- Sacos de Monofosfato de amonio MAP
- Sacos Sulfato de potasio
- Sacos de Yaramila
- Metalosato multimineral
- Agua destilada

Equipos:

- Bomba de fumigación de 20 litros
- Balanza Digital
- Sobres de papel
- pH-metro
- Refractómetro
- Pie de rey digital

#### **2.4 Características físico químicas del suelo**

Se realizó un muestreo de suelo al inicio del experimento. De acuerdo con la metodología de Osorio (2012), se tomó una muestra compuesta a partir de 9 submuestras a una profundidad de 30 cm; 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. Los resultados indican un pH de 7,2 siendo prácticamente neutro, por el porcentaje de textura: 20% arena, 24% limo y

49% arcilla, siendo un suelo arcilloso. Es bajo en contenido de Nitrógeno, Fósforo y alto en Potasio, Calcio y Magnesio, Azufre y Cobre; hay deficiencias en Zinc, Hierro, Manganeso y Boro. (Tabla 8)

**Tabla 8.** Análisis de 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		
<b>pH</b>	7.2 <b>PN</b>			<b>pH</b>	8.1	
<b>*NH<sub>4</sub></b>	7 <b>B</b>			<b>mS/cm</b>	<b>C.E.</b>	0.89
<b>*P</b>	8 <b>B</b>			<b>Ca</b>	<b>mg/l</b>	51.54
			<b>meq/L</b>		2.58	
<b>K</b>	641 <b>A</b>			<b>Na</b>	<b>mg/l</b>	95.40
			<b>meq/L</b>		4.14	
<b>*Ca</b>	4412 <b>A</b>			<b>Mg</b>	<b>mg/l</b>	11.58
			<b>meq/L</b>		0.95	
<b>*Mg</b>	789 <b>A</b>			<b>K</b>	<b>mg/l</b>	15.80
			<b>meq/L</b>		0.40	
<b>*S</b>	27 <b>A</b>			<b>Suma</b>	<b>mg/l</b>	174.32
			<b>meq/L</b>		8.07	
<b>*Zn</b>	1.7 <b>B</b>			<b>meq/L</b>	<b>CO<sub>3</sub>*</b>	0.24
			<b>CO<sub>3</sub>H*</b>		0.64	
			<b>SO<sub>4</sub>*</b>		5.00	
			<b>Cl*</b>		2.07	
<b>Cu</b>	7.5 <b>A</b>			<b>RAS</b>		3
<b>*Fe</b>	8 <b>B</b>			<b>PSI (")</b>		3
<b>*Mn</b>	3.0 <b>B</b>					
<b>*B</b>	0.40 <b>B</b>					
<b>Clase Textural:</b> Arcilloso						
<b>*M.O. (%)</b>	1.20 <b>B</b>			<b>Interpretación (ug/ml):</b> NH <sub>4</sub> , P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl		
<b>meq/100ml</b>						
<b>K</b>	<b>*Ca</b>	<b>*Mg</b>	<b>∑Bases</b>			
1.64 <b>A</b>	22.06 <b>A</b>	6.49 <b>A</b>	30.20	<b>B</b>		Bajo
<b>Ca/Mg</b>	<b>Mg/K</b>	<b>(Ca + Mg) / K</b>		<b>M</b>		Medio
3.40 <b>M</b>	3.95 <b>M</b>	17.37 <b>M</b>		<b>A</b>		Alto

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

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

## 2.5 Características físico químicas del agua

El análisis de agua de igual manera se realizó al inicio del experimento; de los pozos someros se extrajeron muestras representativas en un frasco esterilizados que fueron enviados al laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Litoral Sur, para determinar la concentración de minerales y sus propiedades fisicoquímicas.

El agua que se utiliza como suministro del cultivo tiene clase C3S1 es decir posee una salinidad mediana a alta con bajo contenido de Sodio, tiene una conductividad eléctrica de 1052.0 uS cm<sup>-1</sup>. Los resultados detallados se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Resultados del análisis de agua previo al experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle).

	<b>Ph</b>	8.1
<b>C.E.</b>	<b>mS/cm</b>	1052.0
<b>Ca</b>	<b>mg/l</b>	27.50
	<b>meq/L</b>	1.38
<b>Na</b>	<b>mg/l</b>	148.65
	<b>meq/L</b>	6.45
<b>Mg</b>	<b>mg/l</b>	24.78
	<b>meq/L</b>	2.03
<b>K</b>	<b>mg/l</b>	15.66
	<b>meq/L</b>	0.40
<b>meq/L</b>	<b>*CO<sub>3</sub></b>	0.20
	<b>*HCO<sub>3</sub></b>	2.56
	<b>*SO<sub>4</sub></b>	6.92
	<b>*Cl</b>	0.49
	<b>RAS (,,)</b>	5
	<b>PSI (,,)</b>	6
	<b>Na (%)</b>	65.44
	<b>Clase</b>	C3 S1
<b>IIINTERPRETACION</b>		
<b>C1:</b> Aguas de salinidad baja	<b>S1:</b> Agua bajo en sodio	
<b>C2:</b> Aguas de salinidad moderada	<b>S2:</b> Aguas medianas en sodio	
<b>C3:</b> Aguas de salinidad mediana a alta	<b>S3:</b> Aguas de contenido alto de sodio	
<b>C4:</b> Aguas de salinidad alta	<b>S4:</b> Aguas de contenido muy alto de sodio	
<b>C5:</b> Aguas de salinidad muy alta	-	
<b>C6:</b> Aguas de salinidad excesiva	-	

**Tabla 11.** Metodología utilizada para la determinación de los elementos del análisis de agua.

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

## 2.6 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres dosis de nitrógeno (100, 150, 200), tres de fósforo (50, 75, 100), tres de potasio (50, 75, 100), expresados en gramos planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, más tres dosis de microelementos de acuerdo a recomendación del fabricante; todos ellos determinados en base a con análisis de suelos, agua y foliar según criterios de (Orrala et al., 2012) y (Santistevan et al., 2017).

Los tratamientos compuestos estuvieron dispuestos en un diseño ortogonal L9 (3)<sup>4</sup> es decir nueve corridas con cuatro factores y tres niveles según Taguchi (1986). Los tratamientos son conjuntos ordenados de factores y niveles (tratamientos compuestos), que están predefinidos en matrices elaboradas para su aplicación directa en la experimentación, (Tabla 12).

Las fuentes de N, P, K fueron tomadas del fertilizante compuesto Yaramilla complex, Nitrato de amonio, Monofosfato de amonio y Sulfato de potasio; para cumplir con la dosis de Fósforo (50, 75, 100 g planta<sup>-1</sup>), se trabajó con el 25% de Yaramilla complex y el 75% de Monofosfato de amonio (MAP). Todas las dosis de los tratamientos se aplicaron de forma edáfica.

Las diferentes combinaciones de dosis de NPK y microelementos, estuvieron distribuidos bajo un diseño de Bloques Completamente al Azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental consideró cuatro plantas.

**Tabla 12.** Tratamientos establecidos en *Citrus aurantifolia* Swingle según método Taguchi L9 (3)<sup>4</sup>.

Tratamientos	Matriz método Taguchi (1986)				Tratamientos			
	micro				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	micro
	N	P	K	Elementos		g planta <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		elementos (cc)
<b>1</b>	1	1	1	1	100	50	50	50
<b>2</b>	1	2	2	2	100	75	75	100
<b>3</b>	1	3	3	3	100	100	100	150
<b>4</b>	2	1	2	3	150	50	75	150
<b>5</b>	2	2	3	1	150	75	100	50
<b>6</b>	2	3	1	2	150	100	50	100
<b>7</b>	3	1	3	2	200	50	100	100
<b>8</b>	3	2	1	3	200	75	50	150
<b>9</b>	3	3	2	1	200	100	75	50

## 2.7 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 ( $\leq 0.05$ ) en el software InfoStat versión profesional para Windows.

## 2.8 Manejo del experimento

Se colocaron carteles en las ramas de un árbol de cada tratamiento para su identificación.

### 2.8.1 Fertilización edáfica y foliar

**Fertilización edáfica.** Se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes; la primera antes de la brotación, la segunda durante la floración, la tercera antes de la cosecha. Las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio fueron proporcionadas por los fertilizantes compuestos: 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

(Nitrógeno 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%)

**Fertilización foliar.** Se realizaron dos aplicaciones foliares antes de la floración utilizando una bomba de fumigación de 20 litros. Los microelementos fueron proporcionados por metalosatos que está compuesto por Calcio (Ca) 1.3 % p/p, Cobre (Cu) 0.60 % p/p, Hierro (Fe) 0.66 % p/p, Magnesio (Mg) 1.3 % p/p, Manganeso (Mn) 0.57 % p/p, Molibdeno (Mo) 0.12 % p/p, Zinc (Z) 0.58 % p/p, Nitrógeno total (N) 2.8 % p/p, Nitrógeno orgánico 2.8 % p/p, Aminoácidos totales 8.32% p/p. Las dosis de igual manera fueron establecidas.

### **2.8.2 Riego**

El riego fue por gravedad, es decir por surco, mismo que fue elaborado siguiendo la copa de los árboles; su frecuencia estuvo determinado por las condiciones climáticas.

### **2.8.3 Control de malezas**

El control de maleza se realizó cada 45 días con motoguadaña y de manera manual.

### **2.8.4 Control fitosanitario**

Durante la vigencia del ensayo solo se realizó dos controles químicos empleando abamectina 1 L ha<sup>-1</sup>.

### **2.8.5 Cosecha**

Se realizaron 6 cosechas durante la ejecución del experimento, en los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, con una diferencia aproximada de 20 días entre cada cosecha. Se consideraron los cuatro árboles de la unidad experimental y posteriormente traducidos a Mg ha<sup>-1</sup> de acuerdo con la densidad de siembra.

## **2.9 Variables de estudio**

### **2.9.1 Estado nutrimental del suelo**

Se utilizó el método del zigzag de acuerdo a (Castellanos *et al.*, 2000), se escogió varios sitios para luego mezclar las submuestras y dejar una muestra final de 1 kg.

Al finalizar la época de garúa de igual forma se seleccionó de manera aleatoria cinco sitios de muestreo por tratamiento y repetición en la zona de goteo de los árboles, es decir alrededor de la copa. En cada sitio se extrajo una submuestra de 250 g de suelo a una profundidad de 30 cm, con pala de acero inoxidable, para finalmente mezclar

las muestras tomadas de cada tratamiento y quedar con una de 1 kg de suelo, esto se realizó al finalizar la cosecha en temporada de garua, para posteriormente ser enviadas al laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Litoral Sur, para determinar la concentración de minerales y sus propiedades fisicoquímicas.

### **2.9.2 Estado nutrimental foliar**

Se tomaron muestras foliares al inicio y al final del experimento, mediante la metodología de Sadeghian (2020), en cada tratamiento y repetición se recolectaron hojas de color verde oscuro. En cada árbol se seleccionó una rama de los cuatro puntos cardinales, las cuales fueron lavadas con agua, empaquetadas y etiquetadas en fundas de papel y enviadas al laboratorio Análisis de Suelos y Plantas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Litoral Sur.

### **2.9.3 Variables de producción**

Se consideró uniformidad de aspecto y tamaño, se evaluó un árbol por tratamiento.

#### **Peso del fruto**

Se tomaron 10 limones por tratamiento y repetición, se lavaron y secaron al ambiente, luego utilizando una balanza digital ACCULAB VICON fueron pesados, el valor se tomó en gramos.

#### **Diámetro polar y ecuatorial**

Utilizando un pie de rey digital marca Stainless se midió el limón de manera vertical para obtener el diámetro polar, y se midió el limón de manera horizontal para obtener el diámetro ecuatorial, este valor esta dado en milímetros. Estos valores fueron tomados de 10 limones obtenidos por tratamiento en la quinta cosecha.

#### **Rendimiento**

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron en la madurez fisiológica, teniendo cáscara lisa, color verde intenso, (SAGARPA, 2011). Se realizaron seis cortes durante la vigencia del experimento.

#### **2.9.4 Variables de calidad del fruto**

##### **Sólidos solubles totales (Grados Brix)**

Se realizó el análisis de sólidos solubles en grados brix con un refractómetro digital BOECO DBR65. El procedimiento comenzó partiendo los limones por la mitad, con la ayuda de un exprimidor sacar el zumo, colocar unas gotas en el refractómetro y esperar el resultado durante 3 segundos.

##### **Porcentaje de jugo**

Se exprimió el jugo de los 10 limones recolectados por tratamiento y repetición utilizando un exprimidor, luego se pesó la cantidad de jugo extraída con la balanza digital. Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el porcentaje:

$$\text{Porcentaje de jugo} = \frac{\text{Cantidad de jugo (g)}}{\text{Peso de fruto (g)}} \times 100$$

##### **pH**

Se midió el pH del jugo de cada limón con la utilización del pHmetro marca Apera Instruments modelo PH20.

##### **Relación beneficio costo**

Para determinar la relación beneficio costo solo se consideró las labores agrotécnicas, la mano de obra y los costos de los tratamientos durante la vigencia del experimento, tomando en cuenta que la plantación tiene cuatro años, es decir es un cultivo perenne. Como ingreso se tomó como referencia el precio de 15 dólares por saco de 40 kg.

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1 Estado nutrimental del suelo**

El resultado del análisis de fertilidad del suelo de cada uno de los tratamientos al finalizar el experimento se muestra en la Tabla 13. El Nitrógeno en todos los tratamientos es bajo; seguramente se explica en el hecho de que el agricultor manifiesta que por lo general nunca se ha realizado análisis de suelo y que por consiguiente nunca se fertiliza. También de acuerdo con la ley del mínimo, el rendimiento está determinado por el elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad, un exceso en cualquier otro nutriente, no puede compensar la deficiencia del elemento nutritivo limitante y este análisis fue realizado al final del experimento, (Llomitó et al., 2018).

En el caso del Fósforo varió de bajo a alto; posiblemente se explica en la aplicación total de la dosis del Fósforo utilizando como fuente Yaramila complex y MAP. Hay que señalar también que de acuerdo a Avilan y Rengifo (1987), en suelos con  $\text{pH} > 7$  la disponibilidad del Fósforo tiende a disminuir, debido al alto contenido de Calcio y Magnesio.

**Tabla 13.** Estado nutrimental del suelo al finalizar el experimento en el cultivo de limón (*Citrus aurantifolia* Swingle)

Tratamientos	pH	µg/ml										
		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
T1: N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> + 50 cc Metalosato	7.83	8.67 B	7.67 B	787.67 A	4766.33 A	652.00 A	23.00 A	1.63 B	6.94 A	6.33 B	7.67 M	1.37 A
T2: N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub> + 100 cc Metalosato	7.70	9.33 B	13.33 M	910.00 A	4875.67 A	606.33 A	48.00 A	2.00 M	6.40 A	7.00 B	8.67 M	1.07 A
T3: N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 150 cc Metalosato	7.60	4.33 B	20.67 A	602.33 A	4210.00 A	749.33 A	53.00 A	2.57 M	3.87 A	7.33 B	6.67 M	2.97 A
T4: N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub> + 150 cc Metalosato	8.25	8.00 B	8.50 B	783.00 A	4475.00 A	566.50 A	22.50 A	2.00 M	7.70 A	7.50 B	6.50 M	1.50 A
T5: N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub> + 50 cc Metalosato	8.07	13.00 B	15.67 M	698.67 A	4437.67 A	524.33 A	31.33 A	2.37 M	6.60 A	7.33 B	6.00 M	1.60 A
T6: N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub> + 100 cc Metalosato	7.90	4.00 B	9.00 B	476.33 A	4104.33 A	852.00 A	38.67 A	1.97 B	7.67 A	7.33 B	8.00 M	1.90 A
T7: N <sub>200</sub> P <sub>50</sub> K <sub>100</sub> + 100 cc Metalosato	7.10	6.50 B	8.50 B	564.00 A	3827.00 A	852.00 A	42.00 A	1.85 B	6.80 A	10.00 B	15.50 A	1.70 A
T8: N <sub>200</sub> P <sub>75</sub> K <sub>50</sub> + 150 cc Metalosato	7.80	8.67 B	21.00 A	671.67 A	4118.67 A	731.67 A	14.33 M	2.17 M	6.90 A	9.33 B	10.00 M	1.97 A
T9: N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> + 50 cc Metalosato	7.73	9.67 B	11.00 M	588.67 A	4370.00 A	561.33 A	56.67 A	1.80 B	5.50 A	6.33 B	7.67 M	1.97 A

A: Alto; M: Medio; B: Bajo.

### 3.2 Estado nutrimental foliar

Según los resultados del primer análisis foliar (Tabla 14) al inicio del experimento, el Nitrógeno se encuentra de manera adecuada de acuerdo con los rangos establecidos por INIAP. Sin embargo, (Maldonado *et al.*, 2001), propone rangos para el estado nutrimental de *Citrus aurantifolia* Swingle, con un intervalo óptimo de 1.82-2.49; de acuerdo con este autor los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>9</sub> son bajos.

Igualmente INIAP, reporta rangos adecuados para el fósforo; contrasta con Les Aguerrea, (2014) cuyos valores óptimos van de 0.13 a 0.15, teniendo que todos los tratamientos estarían en un nivel muy alto. El Potasio se encuentra en deficiencia según INIAP; Valdés y Palma (2017), de manera general señala para los cítricos rangos adecuados para potasio entre 0.7 a 1.4.

El Magnesio, Azufre, Zinc, Cobre, Manganeso y Boro al inicio del experimento, después de la primera fertilización, se encuentran dentro de rangos nutrimentales adecuados; esta aseveración es confirmada por lo establecido para cítricos por Valdés y Palma (2017), efectivamente todos estos elementos se mantienen dentro del nivel adecuado.

El Hierro y Calcio se muestran excesivos según INIAP; no obstante según Maldonado *et al.*, (2001), el Calcio se encuentra en un nivel óptimo ya que está dentro de los rangos 3.73 a 5 y el hierro sigue permaneciendo en estado nutrimental excesivo con rangos >171.

**Tabla 14.** 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 <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> + 50 cc Metalosato	2.65 A	0.20 A	0.74 D	4.95 E	0.37 A	0.26 A	21.00 A	13.50 A	195.50 E	39.00 A	81.00 A	
T2: N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub> + 100 cc Metalosato	2.40 A	0.19 A	0.74 D	5.49 E	0.41 A	0.23 A	24.00 A	13.00 A	226.00 E	51.50 A	63.50 A	
T3: N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 150 cc Metalosato	2.40 A	0.18 A	0.94 D	5.16 E	0.45 A	0.25 A	24.00 A	12.00 A	298.00 E	56.00 A	96.00 A	
T4: N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub> + 150 cc Metalosato	2.40 A	0.17 A	0.82 D	5.04 E	0.40 A	0.24 A	24.00 A	12.00 A	261.00 E	48.00 A	32.00 A	
T5: N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub> + 50 cc Metalosato	2.90 A	0.22 A	1.03 A	3.78 A	0.30 A	0.21 A	24.00 A	15.00 A	258.00 E	33.00 A	29.00 A	
T6: N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub> + 100 cc Metalosato	2.70 A	0.17 A	0.75 D	4.86 E	0.36 A	0.20 A	23.00 A	12.00 A	270.00 E	53.00 A	34.00 A	
T7: N <sub>200</sub> P <sub>50</sub> K <sub>100</sub> + 100 cc Metalosato	2.55 A	0.20 A	0.81 D	5.22 E	0.43 A	0.22 A	22.00 A	11.50 A	263.50 E	57.50 A	62.50 A	
T8: N <sub>200</sub> P <sub>75</sub> K <sub>50</sub> + 150 cc Metalosato	2.70 A	0.21 A	0.77 D	5.28 E	0.37 A	0.26 A	24.00 A	12.00 A	229.00 E	52.00 A	62.00 A	
T9: N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> + 50 cc Metalosato	2.45 A	0.21 A	0.76 D	4.56 E	0.38 A	0.25 A	23.50 A	14.00 A	291.50 E	49.00 A	45.50 A	

D: Deficiente; A: Adecuado; E: Excesivo.

Según el INIAP, el análisis foliar realizado al final del experimento (Tabla 15), muestra niveles adecuados en Fósforo, Magnesio, Azufre, Cobre y Manganese. Los rangos establecidos por Valdés y Palma (2017), confirman que estos elementos permanecen en un estado óptimo.

Mientras que el Nitrógeno, Potasio y Zinc se encuentran con niveles adecuados en algunos tratamientos y otros en deficiencia; en el caso del Nitrógeno de los tratamientos T<sub>3</sub> al T<sub>9</sub> son adecuados, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> están en deficiencia. De acuerdo con los rangos 2.06-2.48 de Les Aguerrea (2014), todos los niveles de los tratamientos de la presente investigación se encuentran en niveles óptimos a excepción del T<sub>5</sub> que tiene nivel alto.

De acuerdo con los rangos 0.73 a 1.36 reportados por Rodríguez *et al.*, (2018), el Potasio de todos los tratamientos están en un nivel óptimo a diferencia de lo señalado por INIAP. T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>9</sub> son adecuados, T<sub>2</sub> y T<sub>7</sub> tienen deficiencia.

Según INIAP, en cuanto al Zinc, los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> al T<sub>8</sub> resultan adecuados mientras que T<sub>2</sub> y T<sub>9</sub> tienen deficiencia. De acuerdo con Maldonado *et al.*, (2001), solo el T<sub>8</sub> posee nivel óptimo.

El Hierro y Calcio, según INIAP se encuentran en exceso. Para Valdés y Palma, (2017), el calcio de los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> se encuentran en niveles altos, mientras que del T<sub>3</sub> al T<sub>9</sub>, reportan niveles adecuados. El Hierro según INIAP se encuentra en exceso.

**Tabla 15.** 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 <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> + 50 cc Metalosato	2.10 <b>D</b>	0.16 <b>A</b>	1.06 <b>A</b>	5.72 <b>E</b>	0.30 <b>A</b>	0.30 <b>A</b>	21.33 <b>A</b>	12.33 <b>A</b>	164.00 <b>E</b>	44.67 <b>A</b>	234.33 <b>E</b>	
T2: N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub> + 100 cc Metalosato	2.17 <b>D</b>	0.16 <b>A</b>	0.94 <b>D</b>	5.80 <b>E</b>	0.28 <b>A</b>	0.28 <b>A</b>	19.67 <b>D</b>	11.67 <b>A</b>	178.67 <b>E</b>	50.00 <b>A</b>	195.67 <b>A</b>	
T3: N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 150 cc Metalosato	2.37 <b>A</b>	0.17 <b>A</b>	1.01 <b>A</b>	4.74 <b>E</b>	0.27 <b>A</b>	0.27 <b>A</b>	21.67 <b>A</b>	13.33 <b>A</b>	169.33 <b>E</b>	48.00 <b>A</b>	226.00 <b>E</b>	
T4: N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub> + 150 cc Metalosato	2.23 <b>A</b>	0.17 <b>A</b>	1.06 <b>A</b>	5.22 <b>E</b>	0.29 <b>A</b>	0.29 <b>A</b>	21.67 <b>A</b>	13.00 <b>A</b>	159.67 <b>E</b>	51.00 <b>A</b>	215.33 <b>E</b>	
T5: N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub> + 50 cc Metalosato	2.50 <b>A</b>	0.18 <b>A</b>	1.10 <b>A</b>	4.80 <b>E</b>	0.28 <b>A</b>	0.28 <b>A</b>	20.67 <b>A</b>	13.00 <b>A</b>	147.67 <b>E</b>	39.33 <b>A</b>	170.00 <b>A</b>	
T6: N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub> + 100 cc Metalosato	2.40 <b>A</b>	0.19 <b>A</b>	1.02 <b>A</b>	4.80 <b>E</b>	0.27 <b>A</b>	0.27 <b>A</b>	21.33 <b>A</b>	13.33 <b>A</b>	155.33 <b>E</b>	47.33 <b>A</b>	206.33 <b>E</b>	
T7: N <sub>200</sub> P <sub>50</sub> K <sub>100</sub> + 100 cc Metalosato	2.27 <b>A</b>	0.17 <b>A</b>	0.90 <b>D</b>	5.22 <b>E</b>	0.27 <b>A</b>	0.27 <b>A</b>	20.33 <b>A</b>	12.33 <b>A</b>	175.67 <b>E</b>	51.67 <b>A</b>	230.00 <b>E</b>	
T8: N <sub>200</sub> P <sub>75</sub> K <sub>50</sub> + 150 cc Metalosato	2.27 <b>A</b>	0.17 <b>A</b>	1.04 <b>A</b>	5.22 <b>E</b>	0.27 <b>A</b>	0.27 <b>A</b>	31.67 <b>A</b>	22.67 <b>E</b>	164.33 <b>E</b>	42.33 <b>A</b>	211.33 <b>E</b>	
T9: N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> + 50 cc Metalosato	2.33 <b>A</b>	0.16 <b>A</b>	1.00 <b>A</b>	5.00 <b>E</b>	0.24 <b>A</b>	0.24 <b>A</b>	19.67 <b>D</b>	14.33 <b>A</b>	149.67 <b>E</b>	29.15 <b>A</b>	201.67 <b>E</b>	

D: Deficiente; A: Adecuado; E: Excesivo.

### **3.3 Variables de producción; Peso del fruto (g), diámetro ecuatorial (mm), diámetro polar (mm) y rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)**

En la tabla 16 señala que en la variable peso de fruto, las medias muestran un incremento en el T<sub>8</sub>: N<sub>200</sub> P<sub>75</sub> K<sub>50</sub>, con una masa promedio de 52.10 g, en comparación a los demás tratamientos cuyo peso fue menor. Acorde al estudio de (Gaikwad et al., 2022), cuyo resultado fue de 55.67 g con el tratamiento N<sub>800</sub> P<sub>300</sub> K<sub>700</sub>, siendo este mayor al del presente experimento, según (Vegas y Narrea, 2011), esta diferencia puede deberse a la deficiencia de potasio ya que esta produce frutos de menor tamaño por ende menor peso y piel fina.

En la variable diámetro ecuatorial y polar registra un rango de 40 mm a 48 mm en diámetro ecuatorial y un rango de 43 a 51 mm en diámetro polar, contrastando y siendo superiores a los valores resultantes de (Santistevan et al., 2017), que obtuvo un diámetro de 35,2 mm en la zona de Colonche. Los índices de diámetro de los tratamientos se encuentran dentro del rango establecido de 47.01 mm a 90.53 mm según (Dorado et al., 2015). Se puede aseverar que el potasio influye en términos generales en el tamaño de los frutos según (Embleton et al., 1973).

En cuanto al rendimiento se obtuvieron rangos de 20.16 a 25.55 t ha<sup>-1</sup> comparando con los resultados de (Aburto et al., 2021) teniendo un T: N<sub>50.18</sub> P<sub>46.57</sub> K<sub>35.74</sub> con rendimiento similar de 28 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 16.** Resultados de la prueba de Tukey al 5% de las variables de producción de *Citrus aurantifolia* Swingle

Tratamientos	PF	DE (mm)	DP	Rendimiento (t
	(g)		(mm)	ha <sup>-1</sup> )
	Medias	Medias	Medias	Medias
T1: N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> + *50 cc	44.17 a	47.90 a	49.90 a	24.17 a
T2: N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub> + *100 cc	40.83 a	41.83 a	44.47 a	24.24 a
T3: N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + *150 cc	41.63 a	46.83 a	49.10 a	20.69 a
T4: N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub> + *150 cc	42.83 a	41.83 a	44.83 a	21.99 a
T5: N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub> + *50 cc	39.70 a	40.73 a	43.77 a	22.50 a
T6: N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub> + *100 cc	43.73 a	48.47 a	51.23 a	20.16 a
T7: N <sub>200</sub> P <sub>50</sub> K <sub>100</sub> + *100 cc	44.07 a	42.27 a	45.50 a	24.28 a
T8: N <sub>200</sub> P <sub>75</sub> K <sub>50</sub> + *150 cc	52.10 a	44.40 a	49.53 a	21.96 a
T9: N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> + *50 cc	45.23 a	41.73 a	45.30 a	25.55 a
<b>CV</b>	10.84	13.71	13.57	20.28
<b>p – valor</b>	0.1659	0.6626	0.7761	0.8654
<b>Tukey (≤ 0.05)</b>	13.59	17.27	18.27	13.25

PF: Peso del Fruto; DE: Diámetro Ecuatorial; DP: Diámetro Polar; \*metalosate multimineral.

### 3.4 Variable de calidad del fruto: Contenido de sólidos solubles totales (Grados Brix), porcentaje de jugo (%) y pH

La tabla 17 indica que en el análisis estadístico de la variable sólidos solubles totales no existe diferencia significativa. En los tratamientos se muestra un valor uniforme en el intervalo de 7.77 a 7.93, comparando los resultados de la investigación de Solís y Tomalá (2010), que también obtuvieron rangos de 7.45 a 8.90, se puede decir estos valores cumplen con la norma NMX-F-118-1984, que señala un valor mínimo de 6,8 °Brix según (Rodríguez *et al.*, 2020).

En el porcentaje de jugo no existió diferencia significativa. El T<sub>3</sub> muestra un mayor índice con un 44,31% de zumo de limón, resultados que son superiores a los obtenidos por (Quirumbay, 2021) de 32.49% y (Puente, 2006) de 37.07%, esta disparidad de resultados

puede explicarse por la falta de agua en la región de dichos estudios y al ser las primeras cosechas realizadas en las investigaciones.

En la variable de pH con los resultados de la prueba de Tukey no se observó diferencia significativa, sin embargo el pH de los nueve tratamientos oscila entre 2.13 a 2.83 comprobando que estos valores se encuentran dentro de los indicadores de pH según (Rodríguez et al., 2020) que fluctúan en 2,16 para limón y de hasta 3,61 para las mandarinas y naranjas.

**Tabla 17.** Resultados de la prueba de Tukey al 5% de las variables de calidad de frutos de *Citrus aurantifolia* Swingle.

Tratamientos	SST	PJ	Ph
	(° Brix)	(%)	
	Medias	Medias	Medias
T1: N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> + *50 cc	7.77 a	39.24 a	2.20 a
T2: N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub> + *100 cc	7.87 a	42.02 a	2.23 a
T3: N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + *150 cc	7.73 a	44.31 a	2.20 a
T4: N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub> + *150 cc	7.90 a	40.34 a	2.23 a
T5: N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub> + *50 cc	7.87 a	42.79 a	2.13 a
T6: N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub> + *100 cc	7.87 a	40.71 a	2.20 a
T7: N <sub>200</sub> P <sub>50</sub> K <sub>100</sub> + *100 cc	7.93 a	41.26 a	2.17 a
T8: N <sub>200</sub> P <sub>75</sub> K <sub>50</sub> + *150 cc	7.90 a	37.70 a	2.83 a
T9: N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> + *50 cc	7.77 a	43.69 a	2.17 a
<b>Tukey (<math>\leq 0.05</math>)</b>	4.42	12.28	1.06
<b>CV</b>	18.97	10.39	16.40
<b>p – valor</b>	0.4106	0.6621	0.4569

SST: Sólidos Solubles Totales; PJ: Porcentaje de Jugo; \*metalosate multimineral.

### 3.5 Relación beneficio costo

El costo relativo general de todos los tratamientos es de 1876,4 dólares, comprende labores culturales como el 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 18).

Se consideraron los fertilizantes aplicados por cada tratamiento en kg ha<sup>-1</sup> para obtener los costos de tratamientos. Para calcular los ingresos se toma como referencia 15 dólares el saco al momento de comercializar los frutos. La relación beneficio costo es favorable en todos tratamientos (Tabla 19).

**Tabla 18.** Costos generales de labores agrotécnicas limón sutil

<b>Actividad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo total</b>
Deshierbe	Jornal	10	15	150
Control fitosanitario (Abamectina)	Litro	2	85	170
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
<b>Total general</b>				<b>1876.4</b>

**Tabla 19.** Relación beneficio costo tratamientos experimento "Nutrición integral en el cultivo de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) en la parroquia Colonche - Comuna Manantial de Guangala - Santa Elena".

Tratamientos	Costo general	Costos tratamientos					Subtotal tratamientos	Costo total tratamientos	Rendimiento Sacos ha-1	Ingresos*	Relación beneficio costo
		Yaramila	MAP	Nitrato de amonio	Sulfato de potasio	Metalosato multimineral					
T1: N <sub>100</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub> + 50 cc	1876.4	153.0	144.3	45.0	23.3	22.1	387.7	2264.1	604.4	9066.2	4.0
T2: N <sub>100</sub> P <sub>75</sub> K <sub>75</sub> + 100 cc	1876.4	229.5	216.7	39.0	35.0	44.2	564.4	2440.8	606.1	9090.8	3.7
T3: N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + 150 cc	1876.4	306.0	289.1	33.0	46.6	66.3	741.0	2617,4	517.3	7759.8	3.0
T4: N <sub>150</sub> P <sub>50</sub> K <sub>75</sub> + 150 cc	1876.4	153.0	144.3	73.5	54.7	66.3	491.8	2368.2	549.8	8246.6	3.5
T5: N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>100</sub> + 50 cc	1876.4	229.5	216.7	67.6	54.7	22.1	590.5	2466.9	562.6	8439.5	3.4
T6: N <sub>150</sub> P <sub>100</sub> K <sub>50</sub> + 100 cc	1876.4	306.0	289.1	61.6	7.3	44.2	708.1	2584.5	503.9	7559.0	2.9
T7: N <sub>200</sub> P <sub>50</sub> K <sub>100</sub> + 100 cc	1876.4	153.0	144.3	102.0	62.8	44.2	506.3	2382.7	607.0	9105.0	3.8
T8: N <sub>200</sub> P <sub>75</sub> K <sub>50</sub> + 150 cc	1876.4	229.5	216.7	96.0	15.3	66.3	623.8	2500.2	549.0	8234.9	3.3
T9: N <sub>200</sub> P <sub>100</sub> K <sub>75</sub> + 50 cc	1876.4	306.0	289.1	90.0	27.0	22.1	734.2	2610.6	638.6	9579.4	3.7

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

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El análisis foliar es un indicador muy importante pues permite conocer el estado nutricional de la planta y por lo tanto corregir de manera oportuna las dosis de fertilización edáfica.
- La relación Costo – Beneficio es positiva en todos los tratamientos.
- En el rendimiento, las medias poblacionales de los tratamientos resultaron iguales, por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada.

### Recomendaciones

- Utilizar el análisis de suelo y foliar como indicadores del estado nutricional del limón sutil y por lo tanto, influenciar en el rendimiento y la calidad del fruto.
- La relación Beneficio - Costo es positiva en todos los tratamientos resaltando el tratamiento T1: N<sub>100</sub> P<sub>50</sub> K<sub>50</sub> + 50 cc de microelementos con 4.0, nos permitiría recomendar este tratamiento a los productores de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

Aboutalebi, 2013.

Aburto, C. et al., 2021. Nutrición de limón persa (*Citrus Latifolia Tanaka*) mediante el enfoque del método racional. *Interciencia*, 46, pp.37-42.

Aburto-González, C.A., Castillo-González, A.M., Alejo-Santiago, G. & López-Bueno, B.A., 2021. Nutrición De Limón Persa (*Citrus Latifolia Tanaka*). *Interciencia*, (46), pp.37-42.

Acebo, G., 2018. *Evaluación del comportamiento agro morfológico en cultivo establecido de Citrus sinensis (naranja) a la aplicación de fertilización edáfica y foliar*. Jipijapa.

Akmed, F., 2020. Effect of irradiated compost and Bio-fertilizer on vegetative growth and fruit quality of Valencia orange. *Egyptian Journal of Horticulture*. pp.15-27.

Alfonzo, H., Gómez, Á. & Pérez, Y., 2019. *Cálculo para Aplicación de Fertilizantes Simples y Compuestos*. Desarrollo regional. San fernando de Apure: PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR Universidad Nacional Experimental de los llanos occidentales "Ezequiel Zamora".

Almadiy, A., Shaban, A., Ibrahim, A. & Balthareth, S., 2023. Partially substituting chemical NPK fertilizers and their impact on Eureka lemon trees (*Citrus limon L. Burm*) productivity and fruit quality. *Scientific Reports*, 13(1), p.10506.

Avilan, L. & Rengifo, C., 1987. *Los Citricos*. Caracas.

Bartóg, P., Grzebisz, W. & Łukowiak, R., 2022. *Fertilizers and Fertilization Strategies Mitigating Soil Factors Constraining Efficiency of Nitrogen in Plant Production*. *Plants* (Basel).

Bertran, C., 1980. *Nutrición de las plantas y fertilización en Venezuela*.

Bhandari, J., Kanpure, R., Gallani, R. & Choudhary, R., 2017. Effect of Organic and Inorganic Nutrient Sources on Leaf Nutrient Content, its Correlation with Yield and. In *Environment & Ecology*. pp.3781-85.

Boughalleb, F., Mhamdi, M. & Hajlaoui, H., 2011. Response of Young citrus trees to NPK fertilization under greenhouse and field conditions. *Agric. J.*, 6(3), pp.66-73.

Castellanos, J., Uvalle-Bueno, J. & Aguilar-Santelises, A., 2000. *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Segunda ed. Guanajuato, México: Colección INCAPA.

Castro, C. & Moreira, J., 2019. *Evaluación de dos bioestimulantes y sustratos en la germinación de mandarina Cleopatra (Citrus reshni) y naranja Agria (Citrus aurantium)*. Tesis de grado. Jipijapa: UNESUM.

Coelho, E., Coelho, M. & Magalhães, A.F.d.J., 2004. Irrigação e fertirrigação. *Circular técnica*.

Conde et al., 2018. La dosis de fertilización afecta el rendimiento y calidad en limón Persa (*Citrus latifolia Tan.*). *ActA Agrícola y pecuAriA*, .

Dorado Guerra, D., Grajales, L.C. & Ríos Rojas, L., 2015. calidad, Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agorpecuaria*, pp.87-93.

Dorado, D., Grajales, L. & Rojas, L., 2015. Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de limón Tahiti *Citrus latifolia* Tanaka.

Embleton, W., Jones, C., Labanauskas, C. & Reuther, W., 1973. *Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization*. University of California.

Etchevers, B., 1987. *Diagnóstico visual*. Chapingo, Estado de México: Colegio de Postgraduados.

FOASTAT, 2020. FAO. [Online] Available at: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> [Accessed 13 Julio 2023].

FOASTAT, 2023. *fao.org*. [Online] Available at: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize> [Accessed 20 JULIO 2023].

Gaikwad, P., Chaudhari, R. & Chavhan, K., 2022. *Effect of different levels of N and K and their interactions on yield and yield contributing characters of acid lime cv. Phule Sharbati (Citrus aurantifolia Swingle)*.

García, L., 2015. "Ceratitis capitata (Wied.) Y LA SOSTENIBILIDAD DE *Mangifera indica* L. PARA EXPORTACIÓN DESDE ECUADOR". Lima-Perú.

Gobierno autónomo descentralizado Parroquial de Colonche, 2015. [Online] Available at: [http://gadcolonche.gob.ec/media/pdot\\_archivos/pdotGC.pdf](http://gadcolonche.gob.ec/media/pdot_archivos/pdotGC.pdf) [Accessed 23 Junio 2023].

Hernández et al., 2021. FERTILIZACIÓN INTEGRAL EN ÁRBOLES DE NARANJO 'MARRS' EN PRODUCCIÓN CON SÍNTOMAS DEVIRUS DE LA TRISTEZA DE LOS CÍTRICOS (VTC) Y HUANGLONGBING (HLB). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44, pp.59-59.

Horwitz, Chichilo & Reynolds, 1970. *Métodos oficiales de análisis de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales*.

Jimenez-Cuesta, 1981. Determination of color index for fruit degreening. pp.750-53.

Lai, G. & Dayal, H., 2014. Effect of integrated nutrient management on yield and quality of acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Academy Journals*, 9(40), pp.2985-299.

Lebbal, S. & Laamari, M., 2016. Population dynamics of aphids (Aphididae) on orange (*Citrus sinensis* 'Thomson Navel') and mandarin (*Citrus reticulata* 'Blanco'). *Acta agriculturae Slovenica*, pp.137 - 145.

Legaz, F., 1997. Determinación de la dosificación de abonado en los cítricos. *I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación*, pp.285-93.

Legaz, F., 1997. Determinación de la dosificación de abonado en los cítricos.. *Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación*, pp.285-93.

Les Aguerrea, H., 2014. *Curva de dinámica nutricional del cultivo del limón en Chile*.

Llomitó, A., Chanaguano-Punina, B., Llomitó-Gavilanez, N. & Luna-Murillo, R., 2018. Evaluación del efecto de diferentes soluciones nutritivas mediante la utilización de la ley del mínimo sobre el crecimiento en Cebada (*Hordeum vulgare* L.). *Nexo Agropecuario*, 1(8), pp.116-19.

López, J., 2018. "PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE CULTIVO DE LIMÓN BASADO EN MODELOS PREDICTIVOS DE RENDIMIENTO AGRÍCOLA EN LOS VALLES: ALTO PIURA Y SAN LORENZO, 2018". Piura.

López, B., 2018. LÓPEZ BUENO, B. A. (2018). NUTRICIÓN DE LIMÓN PERSA (*CITRUS LATIFOLIA TANAKA*) MEDIANTE EL ENFOQUE DE BALANCE NUTRIMENTAL. Tesis de Maestría.

Malavolta, E., 1981. Nutricao mineral e adubacao dos citrus. (5), pp.13-17.

Maldonado, R., Almaguer, G., Álvarez, M. & Robledo, E., 2008. Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa.. *Terra Latinoamericana*, 26(4), pp.341-49.

Maldonado, R., J Etchevers, G.A. & Rodriguez, J., 2001. Estado nutrimental del limón mexicano en suelos calcimorficos. In *Terra latinoamericana*. pp.163-74.

Martínez, R., 2018. *Los peligros de los fertilizantes químicos*. [Online] Available at: <https://www.bioecoactual.com/2018/02/21/los-peligros-los-fertilizantes-quimicos/> [Accessed 4 Julio 2023].

Martínez, J. et al., 2018. *Balance de nitrógeno para el cálculo de la dosis de fertilizante en trigo*. Bahía blanca, Argentina: Departamento de Agronomía (UNS), Comisión de Investigaciones Científicas (BA).

MIDAGRI, 2017. *Ministerio de desarrollo agrario y riego*. [Online] Available at: <https://www.gob.pe/midagri>.

Molina, E., 2000. NUTRICION Y FERTILIZACION DE LANARANJA. *Informaciones agronómicas*, pp.5-10.

Molina, E., 2017. Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones agronómicas*, 40, 5-11. In *Informaciones agronómicas*. pp.5-11.

Morgan, K.T.&.K.D.M., 2020. Nutrition of Florida citrus trees.. In *University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences*. Gainesville, FL, USA: Nutrition of Florida citrus trees..

Obreza, T. & Morgan, K., 2008. Nutrition of florida citrus trees. p.253.

Oliveira, T., 2016. *Otimização multivariada e validação de métodos para a determinação de boro, enxofre, fósforo e molibdênio em fertilizante mineral por ICP OES*. Tesis doctoral. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química.

Ordúz & Mateus, 2012. Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia. *Cítricos: Cultivo, Poscosecha e Industrialización*.

Orrala, N., Solís, A. & Tomalá, M., 2012. *Efecto de NPK en la Producción de Citrus Aurantifolia Swingle V. Sutil en Sinchal, Santa Elena*. [Online] Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7266> [Accessed 1 Diciembre 2023].

Osorio, W., 2012. *Toma de muestras de suelos para evaluar la fertilidad del suelo*.

PIDAASSE, 2011. Santa Elena - Ecuador.

- Polanco, E.R., Díaz, J.G. & Rodríguez, J.O., 2018. Rodríguez Polanco, E., Gutiérrez Díaz, J. S., & 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*, 2(23), pp.144-53.
- Prabhu, M. et al., 2018. Effect of intergrated nutrient management on acidlime [Citrus aurantifolia Swingle (L.)]. *Indian Journal of Agricultural Research*, 53(3).
- Puente, C.J., 2006. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia Swingle*). Ibarra.
- Quaggio, J. et al., 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. In *Sci. Horticult.* pp.151-62.
- Quiñones, Martínez-Alcántara, Primo-Millo & Legaz, 2010. Abono de los cítricos. *Guía de la fertilización racional de los cultivos en España*, pp.193-204.
- Quiroz, J., 2019. "LA PRODUCCION DE LIMON Y SU INCIDENCIA EN LOS INGRESOS DE LOS PRODUCTORES DE LA PARROQUIA AYACUCHO DEL CANTON SANTA ANA". Jipijapa.
- Quirumbay, J., 2021. *Determinación de las propiedades físicas y relaciones matemáticas de limón sutil, citrus aurantifolia Swingle, cultivado en la comuna Febres Cordero*. [Online] La Libertad Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6423> [Accessed 30 Noviembre 2023].
- Rodríguez, S., 1993. Fundamentos de fertilidad de cultivos. *Pontificia Universidad Católica de Chile*, p.240.
- Rodríguez, 2006. *Comportamiento de las concentraciones foliares de macroelementos en plantas de naranjo Valencia late fertilizadas con Zn, B y Mn*.
- Rodríguez, Aguilar & Hernández, 2020. Determinacion de parametros fisicoquimicos en jugo de frutas citricas.
- Rodríguez, E., Gutiérrez Díaz, J.S. & Orduz Rodríguez, J., 2018. Diagnostico nutricional del cultivo de la lima ácida Tahití [Citrus latifolia (Yu Tanaka) Tanaka] en el departamento del Tolima (Colombia). *Temas Agrarios*, 2(23), pp.144-53.
- Sadeghian, S., 2020. Análisis foliar: Una guía para evaluar el café. *Ciencia , tecnología e innovación para la caficultura colombiana*.
- SAGARPA, 2011. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Salazar, G., 2002. *Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones*. Querétaro, México.: Instituto Nacional de In-vestigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias..
- Salgado et al., 2015. Programa de fertilización sustentable para plantaciones de cítricos en Tabasco, México.
- Salvagiotti, F., Pedrol, H. & Castellarín, J., 2008. Utilizacion del metodo del balance de nitrogeno para la recomendacion de la fertilizacion nitrogenada en maíz. pp.11-13.

Santistevan, M., 2016. COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DEL LIMON (*Citrus aurantifolia* Swingle) EN DOS LOCALIDADES DE SANTA ELENA, ECUADOR. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, pp.15-20.

Santistevan, M., Borjas, R. & Julca, A., 2017. *Niveles Crecientes de N y K en el Cultivo de Limón Sutil (Citrus aurantifolia Swingle) en Santa Elena*. [Online] Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7348> [Accessed 1 diciembre 2023].

Schumann, A. et al., 2019. Citrical leaf nutrient thresholds to diagnose deficiencies in HLB tress. *Citrus Industry News*, 10(16).

Sharma, L., Sarangthem, D., Sadhukhan, R. & RThangjam, 2021. Management of Nutrient Constraints in Citrus-An Update. *Journal of Crop Science and Technology*., pp.20-30.

Solís, L. & Tomalá, 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. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Sosa, K. & Yovera, M., 2019. "DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO ACOPLADO A UN PROCESO DE ULTRAFILTRACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE JUGO CLARIFICADO DE LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia*).". Piura-Perú.

Szita, F.É., 2012. CÍTRICOS: CULTIVO, POSCOSECHA E INDUSTRIALIZACIÓN. In J.A.S. Aguirre, ed. *Serie Lasallista Investigación y Ciencia*.

Taguchi, 1986. *Introduction to Quality Engineering*.

Tripti Vashisth, D.K., 2020. *Diagnosis and management of nutrient constraints in citrus*. Fruit crops.

Vegas, U. & Narrea, M., 2011. *Manejo integrado del cultivo de limón*. Piura.

Vu, Ngo, Mai, T. & Bu, L., 2018. A highly efficient *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation system for the postharvest pathogen *Penicillium digitatum* using DsRed and GFP to visualize citrus host colonization. In *Journal of microbiological methods*. pp.134-44.

Yfran, M.d.l. et al., 2017. Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. Incidencia sobre la nutrición y calidad de frutos en mandarina Nova. In *Cultivos tropicales*. Habana. pp.22-29.

## ANEXOS

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Peso fruto (g)	27	0,43	0,18	10,84	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	307,18	8	38,40	1,70	0,1659
tratamientos	307,18	8	38,40	1,70	0,1659
Error	406,03	18	22,56		
Total	713,21	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,58759

Error: 22,5570 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T8	52,10	3	2,74 A
T9	45,23	3	2,74 A
T1	44,17	3	2,74 A
T7	44,07	3	2,74 A
T6	43,73	3	2,74 A
T4	42,83	3	2,74 A
T3	41,63	3	2,74 A
T2	40,83	3	2,74 A
T5	39,70	3	2,74 A

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

**Figura 1 A.** Análisis estadístico de la variable peso de fruto.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
D. ecuatorial (mm)	27	0,25	0,00	13,71	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	213,38	8	26,67	0,73	0,6626
tratamientos	213,38	8	26,67	0,73	0,6626
Error	655,71	18	36,43		
Total	869,09	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,26712

Error: 36,4281 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T6	48,47	3	3,48 A
T1	47,90	3	3,48 A
T3	46,83	3	3,48 A
T8	44,40	3	3,48 A
T7	42,27	3	3,48 A
T9	41,93	3	3,48 A
T4	41,83	3	3,48 A
T2	41,73	3	3,48 A
T5	40,73	3	3,48 A

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

**Figura 2 A.** Análisis estadístico de la variable diámetro ecuatorial.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
D. polar (mm)	27	0,21	0,00	13,57

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	191,46	8	23,93	0,59	0,7761
tratamientos	191,46	8	23,93	0,59	0,7761
Error	734,15	18	40,79		
Total	925,62	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=18,27084

Error: 40,7863 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T6	51,23	3	3,69 A
T1	49,90	3	3,69 A
T8	49,53	3	3,69 A
T3	49,10	3	3,69 A
T7	45,50	3	3,69 A
T9	45,30	3	3,69 A
T4	44,83	3	3,69 A
T2	44,47	3	3,69 A
T5	43,77	3	3,69 A

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

**Figura 3 A.** Análisis estadístico de la variable diámetro polar.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	27	0,31	0,01	16,40

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,12	8	0,14	1,02	0,4569
tratamientos	1,12	8	0,14	1,02	0,4569
Error	2,48	18	0,14		
Total	3,60	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,06192

Error: 0,1378 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T8	2,83	3	0,21 A
T4	2,23	3	0,21 A
T2	2,23	3	0,21 A
T6	2,20	3	0,21 A
T1	2,20	3	0,21 A
T3	2,20	3	0,21 A
T7	2,17	3	0,21 A
T9	2,17	3	0,21 A
T5	2,13	3	0,21 A

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

**Figura 4 A.** Análisis estadístico de la variable pH.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Grados Brix	27	0,32	0,02	18,97	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,02	8	2,50	1,05	0,4376
tratamientos	20,02	8	2,50	1,05	0,4376
Error	42,91	18	2,38		
Total	62,92	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,41700

Error: 2,3837 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T7	10,57	3	0,89 A
T8	7,90	3	0,89 A
T4	7,90	3	0,89 A
T5	7,87	3	0,89 A
T2	7,87	3	0,89 A
T6	7,87	3	0,89 A
T1	7,77	3	0,89 A
T9	7,77	3	0,89 A
T3	7,73	3	0,89 A

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

**Figura 5 A.** Análisis estadístico de la variable grados brix.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
% jugo	27	0,25	0,00	10,39	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	108,08	8	13,51	0,73	0,6621
tratamientos	108,08	8	13,51	0,73	0,6621
Error	331,82	18	18,43		
Total	439,89	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,28325

Error: 18,4342 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	44,31	3	2,48 A
T9	43,69	3	2,48 A
T5	42,79	3	2,48 A
T2	42,02	3	2,48 A
T7	41,26	3	2,48 A
T6	40,71	3	2,48 A
T4	40,34	3	2,48 A
T1	39,24	3	2,48 A
T8	37,70	3	2,48 A

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

**Figura 6 A.** análisis estadístico de la variable porcentaje de jugo.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Rendimiento	27	0,17	0,00	20,28	

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	79,68	8	9,96	0,46	0,8654
tratamientos	79,68	8	9,96	0,46	0,8654
Error	386,28	18	21,46		
Total	465,96	26			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,25311

Error: 21,4602 gl: 18

tratamientos	Medias	n	E.E.
T9	25,55	3	2,67 A
T7	24,28	3	2,67 A
T2	24,24	3	2,67 A
T1	24,17	3	2,67 A
T5	22,50	3	2,67 A
T4	21,99	3	2,67 A
T8	21,96	3	2,67 A
T3	20,69	3	2,67 A
T6	20,16	3	2,67 A

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

**Figura 7 A.** Análisis estadístico de la variable rendimiento t ha<sup>-1</sup>



**Figura 8 A.** Recolección de muestras de suelo en la finca “Don Guillermo”.



**Figura 9 A.** Cosecha de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle).



**Figura 10 A.** Recolección de frutos para análisis de las variables.



**Figura 12 A.** Fertilización edáfica.



**Figura 11 A.** Medición de diámetro polar.



**Figura 13 A.** Muestras foliares para análisis