



Evaluación de la aplicación de una solución compuesta de fitohormonas en el crecimiento y la calidad del cultivo del pimentón (*Capsicum annuum L.*) en la granja Agroecológica UNIMINUTO del Centro Universitario de Villavicencio.

Eliana Lizeth Rios Noreña  
Karen Melissa Arias Valverde

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Rectoría Oriente  
Centro Universitario Villavicencio (Meta)  
Programa Ingeniería Agroecológica  
Noviembre de 2025

Evaluación de la aplicación de una solución compuesta de fitohormonas en el crecimiento y la calidad del cultivo del pimentón (*Capsicum annuum L.*) en la granja Agroecológica UNIMINUTO del Centro Universitario de Villavicencio.

Eliana Lizeth Rios Noreña

Id. 797512

Karen Melissa Arias Valverde

Id. 786246

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingenieras en  
Agroecología

Línea de Investigación  
Innovaciones sociales y productivas

Asesor  
Fabián Rojas Sánchez  
Ingeniero en Agroecología  
Esp. Planeación ambiental  
MSC. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Oriente

Centro Universitario Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

Noviembre de 2025

### **Dedicatoria**

El presente proyecto de investigación lo dedicamos, primeramente, a Dios, quien nos ha guiado y acompañado en cada paso de este camino. A Él, por darnos la vida, la fuerza y la sabiduría para seguir adelante, por ser nuestra luz en los momentos difíciles y nuestro impulso en esta hermosa trayectoria de formación.

Con todo nuestro amor y gratitud, dedicamos este trabajo también a nuestros padres, quienes han sido el pilar fundamental de nuestras vidas.

A Damaris Noreña y Nelson Ríos, y a Aurora Valverde y a Edilson Arias, por su amor incondicional, por creer en nosotras, por apoyarnos en cada paso y por enseñarnos el valor del esfuerzo, la perseverancia y la humildad. Gracias por sus sacrificios, por su paciencia, por sus consejos y por impulsarnos siempre a ser mejores personas.

Finalmente, dedicamos este logro a nosotras mismas, Karen y Eliana, por no rendirnos, por confiar en nuestras capacidades, por el trabajo en equipo, la amistad y la constancia que hicieron posible este proyecto. Este logro es reflejo del compromiso, la fe y la pasión que pusimos en cada etapa del proceso.

Con todo nuestro cariño,

Karen y Eliana

### **Agradecimientos.**

En primer lugar, agradecemos profundamente a Dios, por guiarnos, iluminarnos y fortalecernos en cada paso de este camino. A Él, por darnos sabiduría, paciencia y esperanza para culminar con éxito este proceso.

Agradecemos de manera muy especial a nuestro asesor, el profesor Fabián Rojas Sánchez, por su apoyo incondicional, su paciencia, su tiempo y por creer en nosotras. Gracias por su guía, sus enseñanzas, por compartir sus conocimientos y por impulsarnos a dar siempre lo mejor de nosotras mismas.

A los docentes del programa de Ingeniería Agroecológica, por compartir su conocimiento y por acompañarnos con compromiso y vocación durante nuestra formación profesional.

A la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, por permitirnos desarrollar este proyecto y por brindarnos un espacio de aprendizaje, valores y crecimiento personal.

**“Cada meta alcanzada es el fruto de la fe, la perseverancia y el amor por lo que se hace.”**

## Tabla de contenido

### Contenido

Lista de tablas .....	6
Tabla De Figuras .....	8
Lista de anexos .....	8
Resumen .....	10
Abstract.....	11
1. Introducción .....	12
CAPITULO I.....	13
1. Objetivos .....	13
1.1. Objetivo general .....	13
1.2. Objetivos específicos.....	14
CAPITULO II.....	14
1. Planteamiento del problema .....	14
2.1 Pregunta de investigación.....	15
2.2 Hipótesis .....	15
CAPITULO III .....	16
3 Justificación.....	16
CAPITULO IV .....	18
4. Marco teórico.....	18
4.1 Fitohormonas.....	18
4.2 Auxinas.....	19
4.3 Citoquininas.....	19
4.4 Giberelinas.....	20
CAPITULO V.....	21
Metodología.....	21
4.1 Ubicación del proyecto.....	21
<b>5. FASES DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
Fase 1:.....	24

Implementación de sistema productivo.....	24
Fase 2: Implementación de las fitohormonas.....	24
Fase 3: Recolección de datos.....	25
Fase 4: Evaluación de los datos.....	25
CAPITUL VI.....	27
2. Resultados.....	27
6.1 Fase 1.....	28
6.2 Fase 2.....	37
• Aplicar una solución compuesta de tres fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) como tratamiento para mejorar el crecimiento y calidad del pimentón.....	37
6.3 Fase 3.....	39
Evaluar el efecto de la aplicación de fitohormonas en el cultivo de pimentón mediante parámetros de crecimiento y características morfológicas.....	39
7. RESULTADOS.....	42
7.1 Resultados primera aplicación de fitohormonas.....	42
7.2 segunda aplicación.....	43
7.3 Tercer aplicación de fitohormonas.....	44
7.4 Cuarta aplicación.....	46
7.5 Quinta aplicación.....	47
CAPITULO VII.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Discusión.....	50
8.1 Conclusiones.....	52
8.2 Recomendaciones.....	53
4. Anexos.....	58
<i>Manejo y adecuación del terreno.</i> .....	58

### Lista de tablas

TABLA 1.....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
--------------	-------------------------------------

<b>TABLA 2</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
TABLA 3 .....	26
<b>TABLA 4</b> .....	29
<b>TABLA 5</b> .....	40
TABLA 6 .....	60
TABLA 7 .....	60
TABLA 8 .....	60
TABLA 9 .....	61
TABLA 10 .....	61

**Tabla De Figuras**

<b>FIGURA 1</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>FIGURA 2</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>FIGURA 3</b> .....	28
<b>FIGURA 4</b> .....	30
<b>FIGURA 5</b> .....	30
<b>FIGURA 6</b> .....	31
<b>FIGURA 7</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>FIGURA 8</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>FIGURA 9</b> .....	34
<b>FIGURA 10</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>FIGURA 11</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>FIGURA 12</b> .....	38
<b>FIGURA 13</b> .....	38
<b>FIGURA 14</b> .....	41
<b>FIGURA 15</b> .....	41
<b>FIGURA 16</b> .....	42
<b>FIGURA 17</b> .....	43
<b>FIGURA 18</b> .....	44
<b>FIGURA 19</b> .....	46
<b>FIGURA 20</b> .....	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

**Lista de anexos**



## Resumen

La investigación sobre la aplicación de una solución compuesta de fitohormonas en el cultivo de pimentón (*C. annuum* L.) se desarrolló en la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO). El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes hormonas en el crecimiento vegetativo del cultivo. Se aplicaron tres tratamientos hormonales (auxinas, giberelinas y citoquininas) y un testigo sin aplicación hormonal. Las variables evaluadas fueron peso total de la planta, longitud de la planta, longitud del tallo y raíz, número de hojas, peso seco de la planta y área foliar, a fin de determinar su impacto en el desarrollo fisiológico y morfológico de las plantas.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos y un testigo, empleando 24 plantas por laboratorio en un total de cinco laboratorios, durante el desarrollo de la investigación se observó que las fitohormonas ejercieron un efecto significativo sobre el crecimiento del cultivo, especialmente en la elongación del tallo y el área foliar. Los resultados obtenidos permiten evidenciar el efecto del uso de reguladores de crecimiento como alternativa sostenible en la producción agroecológica de pimentón, contribuyendo al fortalecimiento de prácticas agrícolas más eficientes, respetuosas con el medio ambiente y orientadas al incremento de productividad.

**Palabras clave:** fitohormonas, pimentón, productividad.

## **Abstract**

The research on the application of a solution composed of phytohormones in the cultivation of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) was conducted at the Agroecological Farm of the Corporación Universitario Minuto de Dios (UNIMINUTO). The objective was to evaluate the effect of different hormones on the vegetative growth of the crop. Three hormonal treatments (auxins, gibberellins, and cytokinins) and one control without hormonal application were applied. The evaluated variables included total plant weight, plant height, stem and root length, number of leaves, dry plant weight, and leaf area, in order to determine their impact on the physiological and morphological development of the plants.

A completely randomized block design was used, with three treatments and one control, employing 24 plants per laboratory for a total of five laboratories. During the development of the research, it was observed that the phytohormones had a significant effect on crop growth, especially on stem elongation and leaf area expansion. The results demonstrate the effect of using growth regulators as a sustainable alternative in the agroecological production of bell pepper, contributing to the strengthening of more efficient agricultural practices that are environmentally friendly and oriented toward increasing productivity.

**Keywords:** bell pepper, phytohormones, productivity.

## **1. Introducción**

Las fitohormonas son compuestos producidos naturalmente por las plantas que actúan en concentraciones muy bajas y ejercen su función principalmente a nivel celular, promoviendo y regulando los procesos de crecimiento vegetal (Alcantara Cortes, 2019). También conocidas como hormonas vegetales, son sustancias químicas que pueden tener origen natural o sintético (Alcantara Cortes, 2019). Al emplearlas, es fundamental considerar factores como la dosis, la sensibilidad de la variedad, la condición fisiológica de la planta y el entorno, ya que cada especie requiere condiciones específicas de crecimiento que pueden verse afectadas por la concentración de estas sustancias (Avalos, 2025). Según Salazar (2019), los compuestos de síntesis vegetal se han convertido en herramientas clave para modular el crecimiento y la actividad bioquímica de las plantas.

Las fitohormonas utilizadas en este proyecto cumplen diversas funciones dentro del desarrollo vegetal. La auxina interviene en la división y elongación celular; las giberelinas, en la maduración del polen y en el desarrollo de flores, frutos y semillas; y las citoquininas participan en la división celular y la morfogénesis de los tejidos (Avalos, 2025). Estas sustancias son ampliamente empleadas en la agricultura para favorecer el enraizamiento, la germinación de semillas, la maduración de frutos, la tolerancia al estrés ambiental y el incremento de la productividad de los cultivos (Avalos, 2025).

El cultivo de pimentón, *C. annuum* L. (Solanaceae), representa una de las especies de mayor importancia agrícola en Colombia y en otros países tropicales debido a su valor comercial y nutricional, así como por su alta demanda en el mercado (autor). Esta planta se caracteriza por la diversidad de colores de sus frutos —según la variedad cultivada— y por su alto contenido de compuestos antioxidantes, vitaminas y minerales esenciales para la salud humana (Rodríguez et al., 2019).

El pimentón presenta cinco etapas fenológicas, cada una con requerimientos nutricionales específicos. En este proyecto, la aplicación de fitohormonas busca optimizar dichas fases y mejorar el sistema productivo. Durante la germinación, el cultivo requiere temperaturas entre 25 y 30 °C para completar el proceso en los primeros 10 días. A las seis semanas, el sistema radicular se encuentra lo suficientemente desarrollado para el trasplante y, a las ocho semanas, la planta presenta varias hojas. Estas etapas dependen directamente de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de nutrientes, factores determinantes en la floración, fructificación y maduración del fruto (DANE, 2015).

## **CAPITULO I**

### **1. Objetivos**

#### **1.1. Objetivo general:**

Evaluar el sistema productivo de pimentón (*C. annuum* L.) bajo la aplicación de fitohormonas (auxinas, citoquininas y giberelinas) para el crecimiento y la calidad del cultivo en la Granja Agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), Centro Universitario de Villavicencio, Meta.

## 1.2. Objetivos específicos

- Implementar un sistema productivo de pimentón *C. annuum* L. en la Granja Agroecológica UNIMINUTO del Centro Universitario de Villavicencio.
- Aplicar una solución compuesta de tres fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) como tratamiento para mejorar el crecimiento y calidad del pimentón.
- Evaluar el efecto de la aplicación de fitohormonas en el cultivo de pimentón mediante parámetros de crecimiento y características morfológicas.

## CAPITULO II

### 2. Planteamiento del problema

El cultivo de pimentón (*C. annuum* L.) tiene gran relevancia económica en diversas regiones del mundo, incluyendo Villavicencio, Meta. No obstante, su producción enfrenta limitaciones en cuanto a rendimiento y calidad, influenciadas por factores como el manejo inadecuado del suelo, deficiencias en los sistemas de riego, condiciones climáticas variables, deficiencias nutricionales, presencia de plagas y un uso ineficiente de fitohormonas. Estos problemas no solo reducen la rentabilidad de los productores, sino que también dificultan la sostenibilidad de las prácticas agrícolas en la región. En este contexto, comprender el efecto de la aplicación adecuada de fitohormonas; auxinas, giberelinas y citoquininas resulta fundamental para optimizar el desarrollo vegetativo, la producción y la calidad del fruto.

Las deficiencias de nutrientes y la baja cantidad de materia orgánica son factores críticos que afectan el crecimiento y la productividad del pimentón. Tanto el riego insuficiente como el excesivo generan estrés hídrico, mientras que las temperaturas extremas alteran los procesos fisiológicos y reducen la calidad de los frutos. La carencia de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio limita el crecimiento óptimo (Zapata, 2018). Además, la

aplicación inadecuada de hormonas de crecimiento puede provocar efectos negativos en el desarrollo de las plantas, afectando parámetros como tamaño, forma y textura del fruto, y aumentando la susceptibilidad a enfermedades (Ávila, 2021). La dependencia de las lluvias, la ausencia de sistemas de riego controlado y la escasa disponibilidad de productos agroecológicos también contribuyen al estrés vegetal y a la aparición de patologías como la pudrición apical. La incidencia de plagas como trips y mosca blanca reduce la calidad del producto final y, con ello, su valor comercial (Martínez, 2020).

En este sentido, la evaluación del uso combinado de fitohormonas, las auxinas, que estimulan la división y elongación celular; las giberelinas, que intervienen en la floración, el cuajado y la maduración del fruto; y las citoquininas, que promueven la división celular y el retraso de la senescencia representa una estrategia prometedora para mejorar la calidad y el rendimiento del pimentón en la Granja Agroecológica UNIMINUTO. Analizar estos efectos de manera integral permitirá identificar prácticas sostenibles que favorezcan tanto la productividad como la salud del suelo y las plantas.

## **2.1 Pregunta de investigación**

¿Cómo influye la aplicación de fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) en el rendimiento y calidad del cultivo del pimentón *C. annuum L.* en la granja agroecológica UNIMINUTO del Centro Universitario de Villavicencio?

## **2.2 Hipótesis**

H<sub>0</sub> (nula): El uso de diferentes concentraciones de una solución de fitohormonas si tiene efecto significativo sobre el área total de las plantas.

H<sub>1</sub> (alternativa): El uso de diferentes concentraciones de una solución de fitohormonas no tiene efecto significativo sobre el área total de las plantas

## CAPITULO III

### 3 Justificación

A nivel mundial, la productividad de los cultivos ha mejorado significativamente gracias al uso racional de fertilizantes y fitohormonas, las cuales contribuyen al desarrollo vegetal y al aumento del rendimiento agrícola. En el caso del pimentón (*C. annuum* L.), estas prácticas permiten satisfacer la creciente demanda de alimentos de forma eficiente, oportuna y con estándares de calidad adecuados. Además, la reducción de pérdidas y desperdicios agrícolas representa una estrategia clave para optimizar los costos de producción, incrementar la eficiencia de los sistemas alimentarios y fortalecer la sostenibilidad ambiental (FAO, 2019).

Las fitohormonas, o reguladores de crecimiento vegetal, son compuestos naturales que desempeñan un papel esencial en la regulación de los procesos fisiológicos de las plantas. Según Borjas-Ventura, Julca-Otiniano y Alvarado-Huamán (2020), su aplicación adecuada permite mejorar la productividad y la calidad de los cultivos, ya que intervienen en el crecimiento radicular, la floración, la maduración y la resistencia al estrés. Dentro de este grupo, las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido abscísico y etileno actúan de manera coordinada, promoviendo respuestas específicas que favorecen el desarrollo integral de las plantas.

Las auxinas son fundamentales en los procesos de división, elongación y diferenciación celular, influyendo directamente en la formación de raíces, tallos y frutos (Alcántara-Cortés et al.,

2019). De manera complementaria, las giberelinas estimulan la floración, el crecimiento de los brotes y el cuajado de frutos, mientras que las citoquininas retrasan la senescencia y promueven la división celular, contribuyendo a un desarrollo vegetativo equilibrado. Por su parte, el ácido abscísico regula la respuesta de las plantas ante condiciones de estrés hídrico, y el etileno interviene en la maduración y abscisión de frutos y hojas, procesos determinantes para la calidad final del producto (Borjas-Ventura et al., 2020).

Diversos estudios respaldan el impacto positivo de las fitohormonas en el cultivo del pimentón. Cabrera et al. (2022) señalan que los bioestimulantes y las hormonas naturales mejoran el metabolismo vegetal, fortalecen la fotosíntesis y potencian el crecimiento fisiológico en las distintas etapas del cultivo. En el caso de las auxinas, su aplicación promueve un desarrollo radicular más robusto, incrementando la absorción de agua y nutrientes, aspecto particularmente beneficioso en suelos con limitaciones físicas, como los de Villavicencio (Aguilar & González, 2020). Asimismo, su acción favorece la expansión celular y, por ende, el aumento del tamaño de los frutos, un factor determinante para la comercialización.

De igual manera, las fitohormonas contribuyen a la mejora de la calidad del fruto, al promover una maduración más uniforme, mejor textura, color y firmeza (Rodríguez & Morales, 2021). En condiciones ambientales adversas, las auxinas pueden inducir partenocarpia, asegurando la producción incluso en ausencia de polinizadores. Además, el uso combinado con giberelinas y citoquininas incrementa la tolerancia al estrés abiótico, como sequías o altas temperaturas, reduciendo la pérdida de rendimiento (Martínez & Contreras, 2019).

El uso controlado de fitohormonas en el cultivo de pimentón permite modular procesos fisiológicos esenciales, tales como la elongación y división celular, la formación radicular, la inducción floral, el cuajado y maduración de frutos, así como la síntesis de pigmentos y

compuestos bioactivos. Evaluar el efecto de diferentes tipos de fitohormonas posibilita identificar respuestas diferenciadas en el crecimiento vegetativo y reproductivo, generando estrategias biotecnológicas sostenibles que fortalezcan la productividad y la calidad postcosecha.

Desde un enfoque agroecológico, este estudio resulta pertinente porque promueve la comprensión del comportamiento fisiológico del pimentón bajo diferentes reguladores de crecimiento, sin recurrir al uso excesivo de agroquímicos. Además, aporta al desarrollo de protocolos de bioestimulación vegetal aplicables en sistemas de producción orgánica, alineados con los objetivos de innovación agropecuaria del departamento del Meta y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente los relacionados con la producción responsable, la seguridad alimentaria y la innovación agrícola.

## **CAPITULO IV**

### **4. Marco teórico**

#### **4.1 Fitohormonas.**

Las fitohormonas son compuestos producidos de manera natural en el interior de las plantas en concentraciones muy bajas, cuya función principal es la regulación del crecimiento vegetal. Una misma fitohormona puede participar en diferentes procesos fisiológicos, fenómeno conocido como pleiotropismo. Para su correcta aplicación es fundamental considerar factores como la dosis, la sensibilidad de la variedad, las condiciones ambientales y el estado fenológico de la planta. Además de las hormonas naturales, existen fitohormonas sintéticas, que son análogos elaborados a partir de compuestos orgánicos y que reproducen las funciones de las naturales (Melgarejo, 2010).

Estas sustancias participan en la manifestación genética y fisiológica de procesos como la germinación de semillas, el enraizamiento, la floración, la maduración, la senescencia y la

tolerancia a condiciones de estrés biótico o abiótico. Entre las más importantes se destacan las auxinas, citoquininas y giberelinas, que interactúan entre sí para mantener el equilibrio del crecimiento vegetal (Borjas-Ventura, Julca-Otiniano & Alvarado-Huamán, 2020).

## 4.2 Auxinas

Las auxinas son fitohormonas que regulan la división, elongación y diferenciación celular, promoviendo el crecimiento de los tallos, la dominancia apical y la formación de raíces adventicias. Estas hormonas son consideradas morfógenos, ya que inducen la diferenciación celular de órganos como raíces y tallos, desempeñando un papel clave en la morfogénesis vegetal (Alcántara-Cortés et al., 2019).

Entre las auxinas más comunes se encuentran el ácido indolacético (IAA, por sus siglas en inglés *Indole-3-Acetic Acid*), que se produce de manera natural en las plantas, y las formas sintéticas como el ácido  $\alpha$ -naftalenacético (ANA) y el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), utilizadas en agricultura para estimular el crecimiento y enraizamiento (Cortés, 2019).

La producción de ácido indolacético se concentra principalmente en los meristemos apicales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo, zonas donde ocurre una intensa actividad de crecimiento (Alcántara-Cortés et al., 2019). Su distribución dentro de la planta está regulada por un sistema de transporte polar, lo que garantiza que las áreas en crecimiento reciban la cantidad necesaria para el desarrollo adecuado de los tejidos.

## 4.3 Citoquininas

Las citoquininas son fitohormonas esenciales en la regulación del crecimiento y desarrollo vegetal, actuando de manera conjunta con las auxinas para equilibrar los procesos de división celular, diferenciación y desarrollo de órganos. Estas sustancias derivan de la base adenina, con sustituciones en la posición N6, y su síntesis ocurre principalmente en las raíces,

aunque su acción más destacada se observa en las yemas axilares, órganos fundamentales para el crecimiento vegetativo (Contreras, 2013).

De acuerdo con Alcántara-Cortés et al. (2019), las citoquininas estimulan la división y diferenciación celular, promueven la formación de órganos vegetativos, activan el transporte de nutrientes y mejoran procesos fisiológicos como la fotosíntesis. Además, retrasan la senescencia foliar, prolongando la vida postcosecha

de las plantas ornamentales y hortícolas.

Estas hormonas se movilizan a través del xilema y el floema, actuando como señales químicas que responden a la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Borjas-Ventura et al., 2020). Su interacción con las auxinas es determinante, ya que una relación equilibrada entre ambas controla la formación de brotes y raíces, mientras que un desbalance puede alterar el desarrollo morfológico y funcional de la planta.

#### **4.4 Giberelinas**

Las giberelinas son fitohormonas que promueven la elongación celular, la germinación de semillas y la inducción floral. Estas sustancias pueden ser producidas de manera natural por las plantas o por microorganismos benéficos del suelo como *Pseudomonas*, *Trichoderma spp.*, *Bacillus spp.* o *Penicillium* (Cortés, 2019).

Su síntesis ocurre principalmente en hojas jóvenes y semillas en desarrollo, a partir del ácido mevalónico, y su transporte se realiza a través del floema. Estas hormonas intervienen en la elongación de tallos y raíces, la formación de flores y frutos, y en la resistencia al estrés lumínico. Según Contreras (2013), las concentraciones más elevadas de giberelinas se encuentran en tejidos en crecimiento activo, como hojas, yemas y frutos en desarrollo, mientras que su presencia en raíces es menor.

Las giberelinas también contribuyen a la sincronización de la floración y al rompimiento de la dormancia en semillas, lo que las convierte en un componente esencial para el manejo fisiológico de cultivos como el pimentón.

## CAPITULO V

### 5. Metodología

#### 5.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se desarrolló en la granja agroecológica de la Universidad UNIMINUTO, ubicada en la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta, específicamente en la vereda Barcelona, con coordenadas aproximadas  $4.07025^{\circ}$  N y  $-73.5857^{\circ}$  W, como se muestra en la Figura 1.

La zona correspondió al ecosistema de Bosque Húmedo Tropical, característico del piedemonte llanero. Presentó una temperatura promedio anual de  $26^{\circ}\text{C}$ , una humedad relativa cercana al 80 % y una precipitación anual promedio entre 3.500 y 4.000 mm, con un régimen bimodal de lluvias, alternando periodos húmedos y secos bien definidos.

El suelo predominante fue de tipo franco-arcilloso, con un pH ligeramente ácido (entre 5.5 y 6.5), buena capacidad de retención de agua y un contenido moderado de materia orgánica, características que lo hicieron adecuado para el cultivo de hortalizas como el pimentón. La vegetación nativa estuvo conformada por especies típicas del piedemonte llanero, como el yarumo (*Cecropia peltata*), el guamo (*Inga sp.*) y diversas gramíneas adaptadas a condiciones de alta humedad.

**Figura 1.** Área de estudio.



*Nota:* Imagen satelital de la granja UMINIMUTO. Fuente: Gámez D (2023).

#### **4.2 Diseño metodológico y tratamientos**

El estudio se diseñó como una investigación de tipo cuantitativo y experimental, ya que se buscó obtener datos numéricos y medibles sobre los efectos de la aplicación de una solución de fitohormonas compuesta por auxinas, giberelinas y citoquininas en el rendimiento y la calidad del fruto del pimentón *C. annuum L.*

Se implementó un diseño experimental por parcelas con tratamientos y un control, con el propósito de evaluar el impacto específico de la solución de fitohormonas sobre los parámetros productivos y de calidad. Durante el proceso, se realizaron mediciones de variables como altura de planta, número de frutos, peso promedio, diámetro del fruto y coloración, así como observaciones fenológicas sobre el crecimiento, la floración y la fructificación.

La solución de fitohormonas se preparó con las siguientes dosis por litro de agua para cada componente:

**Tabla 1.** Cantidad de fitohormonas utilizadas en cada tratamiento.

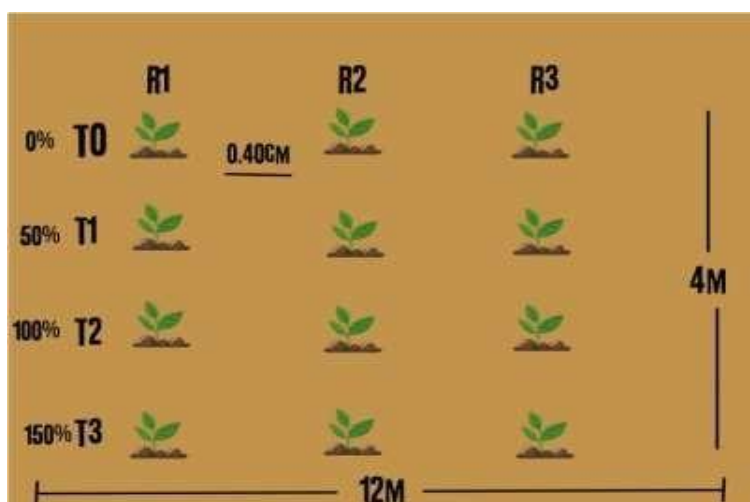
Auxinas	Citoquininas	Giberelinas
20 ml/L	15 ml/L	25 ml/L

Nota: Dosis aplicadas por tratamiento. Fuente: Arias K. y Ríos E. (2024).

El procedimiento contempló la aplicación de la solución de fitohormonas a las plantas de pimentón en diferentes dosis y frecuencias, con el fin de determinar su influencia sobre el desarrollo vegetativo y productivo. Posteriormente, se efectuó el muestreo y seguimiento del ciclo productivo, registrando el estado de las plantas en las fases de siembra, crecimiento, floración, fructificación y cosecha.

Asimismo, se realizaron análisis en el laboratorio de la granja, donde se evaluaron características morfológicas y productivas para establecer la relación entre la aplicación de las fitohormonas y el rendimiento obtenido.

La población experimental estuvo conformada por 120 plantas de pimentón establecidas en el área de estudio. De esta población se seleccionó una muestra aleatoria de 96 plantas, distribuidas en cuatro laboratorios (24 plantas por laboratorio), lo cual permitió obtener datos representativos y confiables para el análisis estadístico.



**Figura 2.** *Distribución de las parcelas y tratamientos.*

Nota: Diseño experimental del cultivo de pimentón en la granja agroecológica UNIMINUTO.

*Fuente: Elaboración propia (2025).*

**Tabla 1.** *Tratamientos con repeticiones*

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>			<b>Concentraciones</b>
T0	R1	R2	R3	0%
T1	R1	R2	R3	50%
T2	R1	R2	R3	100%
T3	R1	R2	R3	150%

Nota: Tabla de los tratamientos con repeticiones y porcentajes de las concentraciones. Fuente: Arias K, Rios E.(2024).

## 5. 2 FASES DE INVESTIGACIÓN

Fase 1: Implementación de sistema productivo.

Fase 2: Implementación de las fitohormonas

Fase 3: Recolección de datos.

Fase 4: Evaluación de los datos

### **Fase 1: Implementación de sistema productivo.**

- Selección y adecuación del terreno
- Aplicación de enmiendas orgánicas
- Selección de semilla
- Riegos y fertilización

### **Fase 2: Implementación de las fitohormonas.**

Se seleccionarán las fitohormonas de tal manera que se haga la aplicación de manera

dosificada.

- Dosificación
- Monitoreo

### **Fase 3: Recolección de datos.**

En la fase de laboratorio se tomarán medidas para hallar parámetros de crecimiento mediante los siguientes instrumentos de laboratorio.

- Gramera.
- Termómetro.
- Estereoscopio.
- Horno de secado
- Cámara fotográfica o celular.
- pH metro.
- Cuaderno de campo o planillas de seguimiento.
- Cinta métrica o regla.

### **Fase 4: Evaluación de los datos.**

Por medio de un programa estadístico RStudio se realizará la evaluación de los resultados realizando diagrama de cajas (Box plot) y se realizará la discusión con las respectivas literaturas.

- Excel
- RStudio
- Planillas



	Fertilización																		
	Aplicación de Fitohormonas																		
	Dosificación																		
	Monitoreo																		
0	Recolección de datos																		
1	Toma de medidas en plantas																		
2	Evidencia fotográfica																		
3	Evaluación de datos																		
4	Planillas																		
5	Socialización de resultados																		

## CAPITULO VI

### 6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, los cuales permiten analizar el comportamiento de las variables evaluadas y determinar el efecto de los tratamientos aplicados en el cultivo de pimentón (*Capsicum annuum* L.)

## 6.1 Fase 1.

Implementar un sistema productivo de pimentón *C. annuum L.* en la granja agroecológica UNIMINUTO del centro universitario de Villavicencio.

### Preparación de terreno.

En el terreno asignado figura 3, fue un lote de 12m de largo por 4m de ancho para un total de 48m cuadrados, la densidad de siembra fue así con una distancia entre surcos de 40cm y una distancia de 30cm entre plantas para un total de 120 plantas en el lote, inicialmente se realizó el manejo de arvenses para seguidamente delimitar e instalación de la polisombra.

### Figura 1

*Selección y adecuación de terreno*



Nota: Selección y adecuación del terreno. (Imagen de A) se muestra la preparación del terreno mediante labranza mínima y adecuación del suelo. En la (imagen B) se observan los surcos ya formados, y en la (imagen C) se aprecia el terreno completamente preparado y listo para iniciar la siembra. Fuente autores, 2025.

### Análisis de suelo.

Un análisis de suelo es el estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo para determinar su composición, fertilidad y salud general, con el objetivo de diagnosticar problemas, establecer una fertilización adecuada y optimizar la productividad. Para ello, se

tomaron muestras del suelo y se llevan al laboratorio para medir parámetros como el pH y nutrientes esenciales disponibles (nitrógeno, fósforo, potasio) mediante kits colorimétricos LaMotte, como se muestran en la tabla 4.

**Tabla 3**

*Resultados de análisis de suelo.*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Valoración</b>	<b>Autor de referencia</b>
<b>pH</b>	5.57	Suelo ácido	(Rodríguez & Peña, 2020) señalan que los suelos con pH entre 5.0 y 5.9 se clasifican como ácidos, lo cual puede limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales.
<b>Nitrógeno (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – N)</b>	10–20 ppm	Nivel de disponibilidad medio	Según (FAO, 2019), concentraciones entre 10 y 20 ppm representan niveles medios de nitrógeno disponible para los cultivos hortícolas.
<b>Nitrógeno (NO<sub>2</sub><sup>-</sup> – N)</b>	1 ppm	Nivel bajo-moderado	(González & Suárez, 2018) indican que valores inferiores a 2 ppm son considerados bajos en sistemas agrícolas tropicales.
<b>Fósforo (P)</b>	5–15 ppm	Nivel de bajo a medio	De acuerdo con (Mendoza et al., 2021), valores entre 5 y 15 ppm se asocian con una disponibilidad baja a moderada de fósforo en suelos ácidos.
<b>Potasio (K)</b>	0 ppm	Nivel nulo	(Cabrera et al., 2022) destacan que la ausencia de potasio disponible afecta directamente la floración y calidad del fruto en hortalizas como el pimentón.

Nota de tabla: Análisis de suelos para identificación de parámetros por medio del kit de suelos LaMotte. Fuente autores, 2025

### **Determinación de pH**

Para obtener el pH de nuestro terreno se determinó con la metodología implementada por el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia) Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos, se tomó muestras de suelo de 5 puntos

diferentes en el lote, seguidamente esta muestra de suelo de 100g se lleva al laboratorio y se mezcla con agua destilada, con ayuda de un medidor Milwaukee pH54 se observa una lectura de  $\text{pH} = 5.57$ , esto se puede observar en la figura 4.

## **Figura 2**

*Toma de pH del suelo, con el peachimetro*



Nota: Análisis del pH de suelo utilizando el medidor Milwaukee pH54. Fuente, autores 2025.

## **Nitrógeno amoniacal.**

Se toma un vaso, así como se muestra en la figura 5, con la muestra de suelo y agua destilada, luego se le introduce un agitador magnético buscando extraer los nutrientes del suelo (nitratos, nitritos, amonio, fósforo y potasio).

## **Figura 3**

*Dilución de suelo para muestra de pH.*



Nota de figura: Muestra de suelo disuelta en agua, utilizando un Agitador magnético. Fuente, autores 2025.

**Filtración o decantación:** Luego del mezclado, se separa el líquido (extracto del suelo) del sólido, (figura 6), este líquido es el que se usa para la prueba colorimétrica.

#### **Figura 4**

*Suelo filtrado en laboratorio.*



Nota: Muestra de suelo filtrada para la realización de pruebas en el laboratorio. Fuente, autores 2025.

**Determinación colorimétrica.**

Para la determinación de los nutrientes disponibles en el suelo, se emplearon kits colorimétricos LaMotte, los cuales permiten estimar la concentración de elementos esenciales mediante reacciones químicas que generan variaciones de color en la muestra. Se añadieron reactivos específicos para cada nutriente, y dependiendo de la reacción, el líquido adquirió un color característico que se comparó con una escala estándar. Este procedimiento permitió estimar la concentración de cada elemento en partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/L), siguiendo la metodología propuesta por LaMotte (2020) y respaldada por Guevara et al. (2018) y Gómez & Salamanca (2021) para análisis rápidos de fertilidad del suelo.

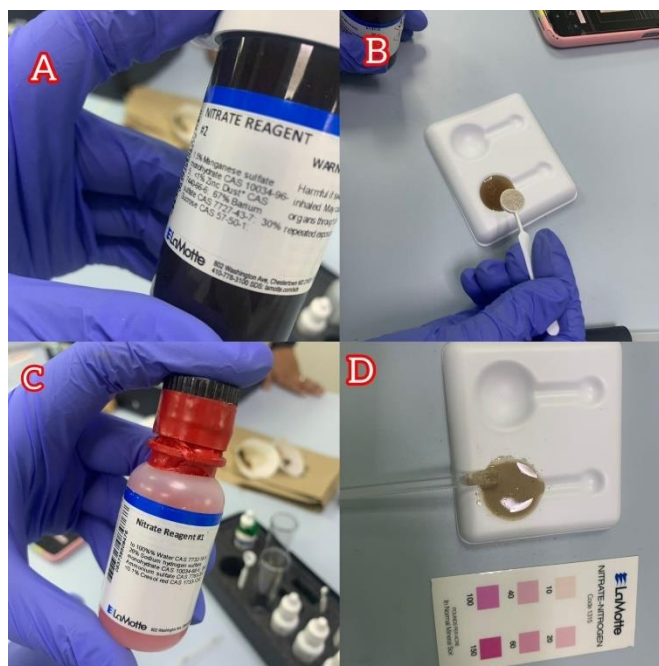
### **Nitrato ( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )**

**Código o reactivo:** LaMotte 1315

En la **Figura 7** se observa el color resultante de la reacción, que varió entre tonos rosados y púrpuras. Para ello, se tomó una alícuota del extracto de suelo (líquido filtrado) y se añadieron los reactivos específicos que reducen los nitratos, generando una coloración característica. La intensidad del color se comparó con la escala patrón incluida en el kit, lo que permitió estimar una concentración entre **10 y 20 ppm de  $\text{NO}_3^- - \text{N}$** , considerada como un nivel medio de disponibilidad según FAO (2019).

Este resultado indicó que el suelo presentó una cantidad moderada de nitrógeno disponible, reflejando un proceso adecuado de mineralización, es decir, la conversión de materia orgánica en formas inorgánicas absorbibles por las plantas (Molina-Moreno et al., 2022).

**Figura 7.** Muestra de nitrato del suelo



Nota: En la (imagen A) se observa el primer reactivo utilizado en el análisis. En la (imagen B) se muestra la preparación de la muestra en un recipiente. En la (imagen C) se presenta la aplicación del reactivo de color rojo sobre la muestra, y en la (imagen D) se observa el resultado obtenido del suelo tras la reacción, junto con la tabla colorimétrica utilizada para determinar el porcentaje de nitrato presente. Fuente, autores 2025.

### Nitrito ( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )

#### Código o reactivo: LaMotte 1310

El color de reacción fue amarillo pálido, correspondiente a una concentración de 1 ppm (mg/kg) de Nitrito-Nitrógeno ( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ). El procedimiento consistió en agregar los reactivos indicados al extracto de suelo, observando la intensidad del color generado y comparándola con la escala de referencia. Este valor indicó que el proceso de nitrificación se desarrolló normalmente, sin acumulación excesiva de nitrito, lo cual concuerda con lo descrito por Guevara et al. (2018) sobre la estabilidad del ciclo del nitrógeno en suelos agrícolas.

**Figura 8.** Muestra de nitrito



Nota de figura: Se muestra el nivel de nitrito ( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ ) presente en el suelo, donde se obtiene el resultado según la tabla colorimétrica. Fuente, autores 2025.

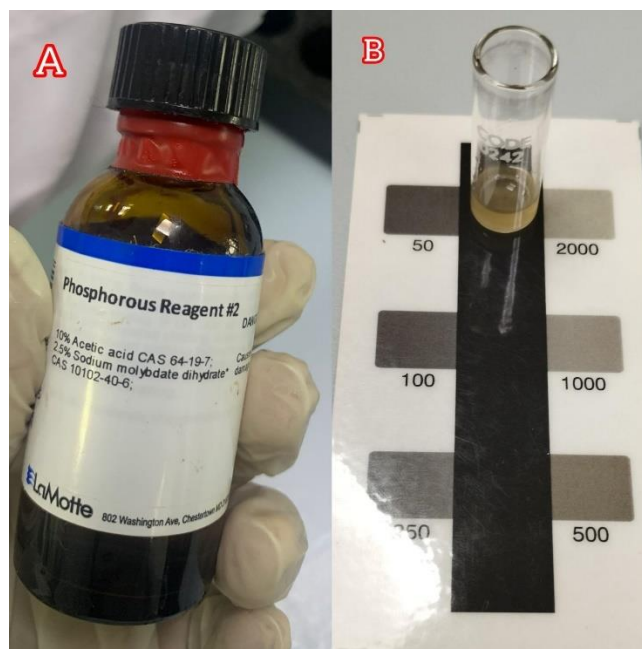
### **Fósforo (P)**

El fósforo es un macronutriente esencial para el crecimiento vegetal, indispensable en procesos de desarrollo radicular, floración, fructificación y transferencia de energía (ATP) (FAO, 2019). A diferencia del nitrógeno, el fósforo es poco móvil en el suelo, y su disponibilidad depende en gran medida del pH y de las interacciones con calcio, hierro y aluminio (Gómez & Salamanca, 2021).

En la Figura 9, el análisis mostró un nivel estimado entre 5 y 15 ppm, lo que corresponde a una disponibilidad baja a media, asociada al pH ácido (5.57) del suelo, que reduce la absorción de fósforo por las raíces.

### **Figura 5**

*Prueba de fósforo en el suelo del terreno a trabajar*

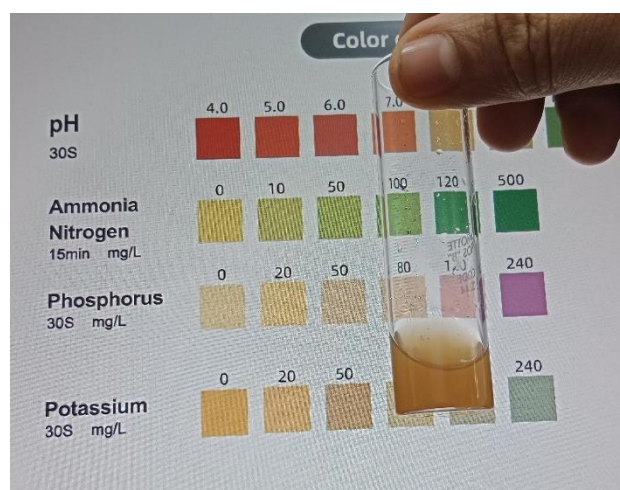


Nota: En la imagen A se muestra el reactivo utilizado para identificar la presencia de fósforo en el suelo, y en la imagen B se presenta la tabla colorimétrica empleada para comparar la muestra y determinar su nivel de fósforo. Fuente, autores 2025

### **Potasio (K).**

El potasio es un elemento esencial absorbido en grandes cantidades, especialmente durante el crecimiento vegetativo y la formación de frutos (Molina-Moreno et al., 2022). Para su determinación, se utilizó el mismo extracto de suelo y los reactivos correspondientes. Sin embargo, el resultado obtenido en la Figura 10 no mostró una coloración significativa, lo que indicó una concentración nula (0 ppm). Este resultado sugiere una deficiencia importante de potasio en el suelo, posiblemente asociada al lavado de nutrientes por precipitación o al uso previo intensivo del terreno.

*Figura 6. Muestra de potasio en el suelo*



Nota: Se evidencia el nivel de potasio presente en el suelo, mostrando la muestra junto a la tabla colorimétrica utilizada para su comparación Fuente, autores 2025.

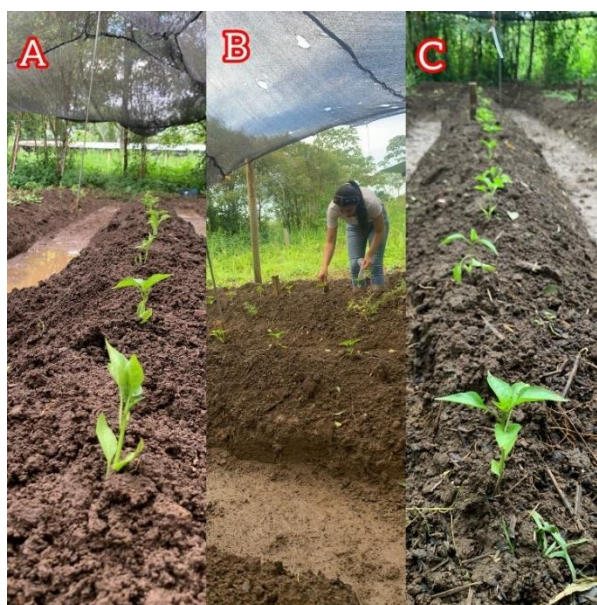
### **Implementación del cultivo.**

De acuerdo con el diseño de siembra, se trasplantaron 120 plantas, distribuidas en cuatro surcos con 30 plantas cada uno. El trasplante se realizó cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio de 5 cm. Ocho días después del trasplante, se inició la aplicación del tratamiento con la solución compuesta de fitohormonas, en tres diferentes dosificaciones (50 %, 100 % y 150 %). La aplicación se efectuó cada ocho días hasta completar la etapa fenológica del cultivo. La mezcla hormonal, compuesta por auxinas, giberelinas y citoquininas, se diluyó a razón de 5 ml por planta y se aplicó de manera radicular mediante jeringa.

La decisión de iniciar la aplicación ocho días después del trasplante se fundamentó en la necesidad de permitir que las plantas superaran el estrés inicial de trasplante y restablecieran su sistema radicular. Diversos estudios recomiendan este intervalo para asegurar una mejor absorción de las fitohormonas y evitar daños en tejidos en proceso de adaptación (Alcántara-Cortés et al., 2019; Borjas-Ventura et al., 2020). En contraste, algunas investigaciones aplican los tratamientos durante el trasplante; sin embargo, este procedimiento puede generar una respuesta fisiológica irregular en plantas jóvenes expuestas a cambios bruscos de temperatura y humedad (Aguilar & González, 2020).

Durante el proceso, se presentaron complicaciones climáticas que provocaron inundaciones en el terreno, lo que ocasionó el decaimiento y la pérdida total del cultivo. Ante esta situación, se reinició el proyecto en un nuevo lote asignado, donde se realizó nuevamente la preparación del terreno y la instalación de polisombra. El trasplante se efectuó cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 10 cm, asegurando un desarrollo radicular más robusto y mayor resistencia a las condiciones ambientales adversas (Figura 11).

**Figura 11.** Implementación en el lote



Nota: En la imagen A se observa el cultivo de pimentón en etapa inicial, donde las plántulas crecen bajo una poli sombra que las protege del sol directo. La imagen B muestra el proceso de siembra de semillas, de forma manual. Finalmente, en la imagen C se aprecia el resultado del trasplante de plántulas de pimentón en el suelo ya bien preparado, ya sin cobertura, lo que indica que las plantas han sido trasladadas a campo abierto para continuar su desarrollo. Fuente, Autores 2025.

## **6.2 Fase 2.**

Aplicar una solución compuesta de tres fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) como tratamiento para mejorar el crecimiento y calidad del pimentón.

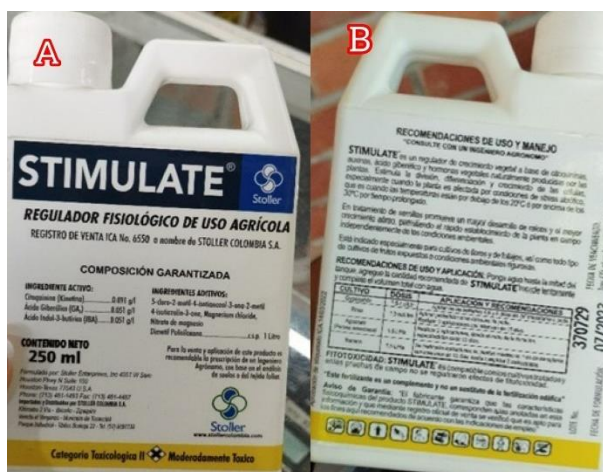
### **Implementación de los 3 tratamientos.**

Se utilizó el producto comercial STIMULATE®, un regulador de crecimiento vegetal que contiene citoquininas (0,09%), auxinas (0,05%) y giberelinas (0,005%) en su formulación original. Estas concentraciones corresponden al producto sin diluir, a partir de esta solución madre.

Se realiza la dilución en tres diferentes dosificaciones de fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) de 50%, 100% y 150%, el tratamiento de 50% se le aplica 3.4ml de fitohormonas en 180ml de agua destilada para el 100% 7.2ml en 180ml de agua destilada y para el tratamiento de 150% 10.8ml en 180ml de agua destilada.

**Figura 7**

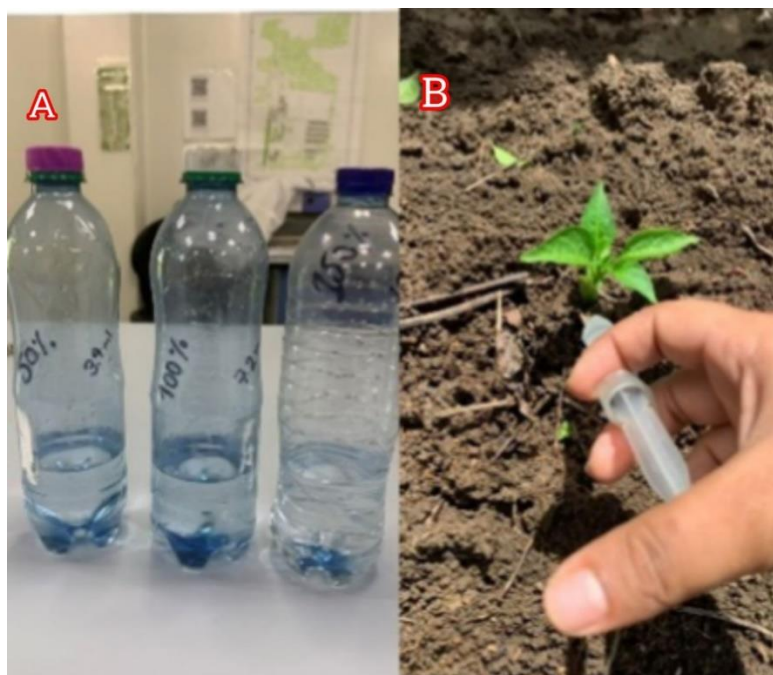
*Producto comercial Stimulate*



Nota: Regulador con fitohormonas para el crecimiento vegetal, En la imagen A se muestra la portada del producto Stimulate, regulador fisiológico de uso agrícola utilizado en el proyecto. En la imagen B se observa la parte posterior del envase, donde se detallan las recomendaciones de uso, composición y dosis del producto. Fuente, autores 2025.

**Figura 8**

*Preparación y aplicación de los tratamientos*



Nota: En la imagen A se muestra la preparación de las fitohormonas correspondientes a los tres tratamientos: 50%, 100% y 150%, identificados como tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente, ya listos para su aplicación. En la imagen B se observa el proceso de aplicación de los tratamientos en el cultivo. Fuente, autores 2025.

### **6.3 Fase 3.**

Evaluar el efecto de la aplicación de fitohormonas en el cultivo de pimentón mediante parámetros de crecimiento y características morfológicas

#### **Evaluación de parámetros de crecimiento morfológico de las plantas en laboratorio.**

Luego de que las plantas cumplieron 15 días después del trasplante, se dio inicio al proceso de laboratorio. A lo largo del proyecto se realizaron cinco laboratorios. Para cada uno, se seleccionaron aleatoriamente tres plantas (muestreo destructivo) de cada tratamiento: 50%, 100% y 150%, incluyendo las repeticiones R1, R2, R3 y el testigo, para un total de 24 plantas. Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio en orden, donde se realizó un lavado

previo de toda la planta con el fin de eliminar los residuos de suelo y evitar que los parámetros a evaluar se vieran alterados o afectados, tal como se evidencia en la tabla 5.

**Tabla 4**

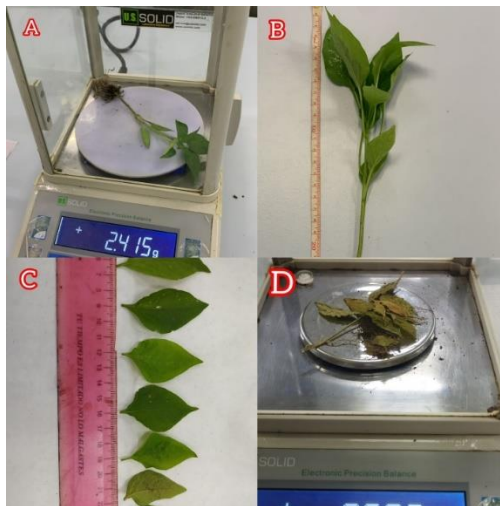
*Parámetros de evaluación*

<b>Variable</b>	<b>Para qué sirve</b>	<b>Autor</b>
<b>Número de hojas:</b>	Identifica y evaluar el crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta.	Moreno, E. J. (2007).
<b>Longitud de planta:</b>	Este indica el crecimiento y vigor general del cultivo	López Gómez, I. (2024).
<b>3Longitud de raíz:</b>	Permite conocerla capacidad de exploración del suelo y absorción de nutrientes	Llamba Quinllin, M. A. (2024).
<b>Longitud de tallo:</b>	Sirve para medir la fortaleza y desarrollo estructural de la planta	López Gutiérrez, A. M., et. Marín Montoya, J. D., Isaza Valencia, L., Gómez López, L. M., & Ruíz López, M. A. (2024).
<b>Peso en fresco:</b>	Refleja la cantidad de bimasa total producida en estado vivo	Bernal Rodríguez, K. E., et. Chaparro Jiménez, J. S. (2024).
<b>Peso en seco:</b>	Indica la acumulación real de materia orgánica y el crecimiento efectivo del cultivo	Julca-Otiniano, A. et. Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., León Rojas, F., Valderrama Palacios, D., & Bello Amez, S. (2023).
<b>Área foliar:</b>	Permite saber la capacidad fotosintética y el potencial productivo de la planta.	Zavala-Borrego, F. et. Reyes-González, A., Álvarez-Reyna, V. D. P., Cano-Ríos, P., & Rodríguez-Moreno, V. M. (2022).

Nota: Parámetros que fueron evaluados en el laboratorio para obtención de resultados. Fuente autores, 2025

## Figura 14

*Trabajo en el laboratorio con la muestra de la planta*



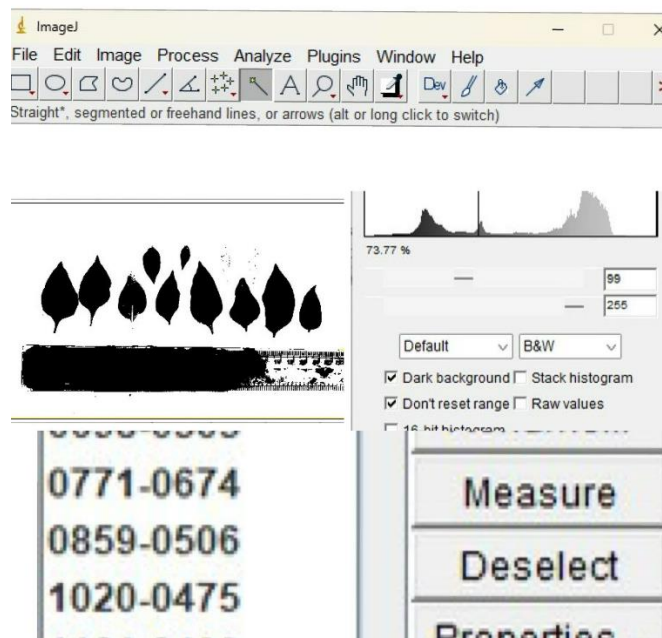
Nota: En la imagen A se realiza el pesaje de una de las plántulas de pimentón. En la imagen B se mide la altura de la plántula en centímetros. En la imagen C se mide el tamaño de las hojas y se realiza el conteo del número de hojas, y en la imagen D se lleva a cabo el pesaje de la plántula en estado seco. Fuente, autores 2025

### **Determinación del área foliar**

En la gráfica 15 se evidencia como hallar el área foliar del número total de hojas, se realiza la toma de fotos a una altura de 30 cm con ayuda de unos soportes para que todas las fotos queden a la misma altura se utiliza el programa ImageJ, donde se ajustaron los pixeles y tamaño de medida de ( $\text{cm}^2$ ), realizando los ajustes con (Therhold) donde la imagen queda a blanco y negro (b/n), señalando toda la estructura, obteniendo el valor exacto del área de cada hoja, con ayuda de la aplicación Paint para eliminar sombras de las hojas y nos dé un área lo más preciso posible y que los resultados sean los esperados.

## Figura 9

*Primeras hojas pasadas por imagej*



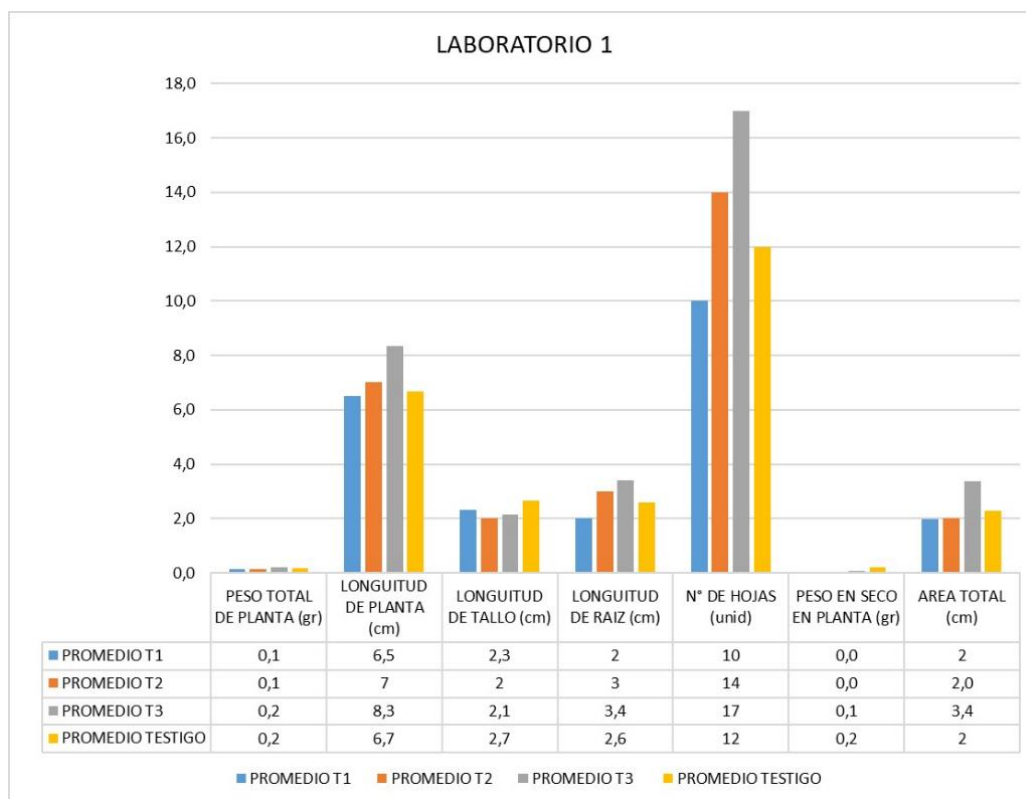
Nota de figura: Se muestra el proceso de análisis de las hojas en el programa ImageJ, utilizado para determinar el área total foliar. Fuente, autores 2025.

## CAPITULO VII

### 7. RESULTADOS.

#### 7.1 Primera aplicación

De acuerdo con nuestros resultados el T1-50% el peso total de la planta fue menor al T0 con una diferencia de 0,1gr y en la longitud del tallo con una diferencia de 0,4 se puede deducir que fue a la adaptabilidad de las plántulas en este caso venían de un ambiente controlado (vivero). Se debe tener en cuenta el proceso de adaptación óptimo para el desarrollo de la planta cuya finalidad es garantizar la adaptabilidad del cultivo, El T3 muestra el mejor comportamiento general en la primera etapa, indicando que el tratamiento favoreció el desarrollo inicial, especialmente en raíz y longitud total de la planta.

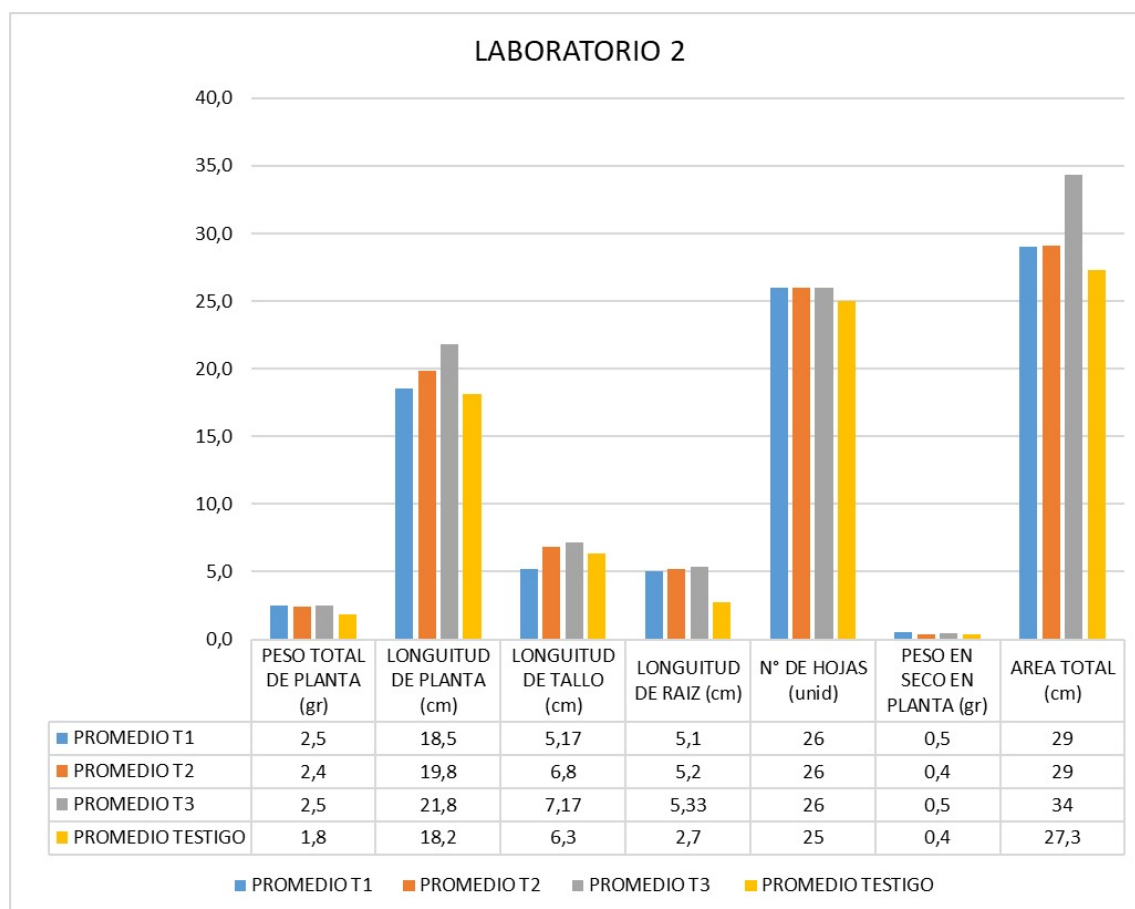
**Figura 16***Análisis de laboratorio 1.*

Nota: Resultados del primer laboratorio Fuente autores, 2025.

En la Figura 16 se observa que el tratamiento 3 (150 % solución de fitohormonas) presentó los mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas, destacándose en el número de hojas (17 unidades), la longitud de planta (8,3 cm) y el área total (3,4 cm<sup>2</sup>). Esto indica un mejor desarrollo vegetativo en comparación con los demás tratamientos y el testigo.

## 7.2 Segunda aplicación

**Figura 17***Análisis de laboratorio 2.*



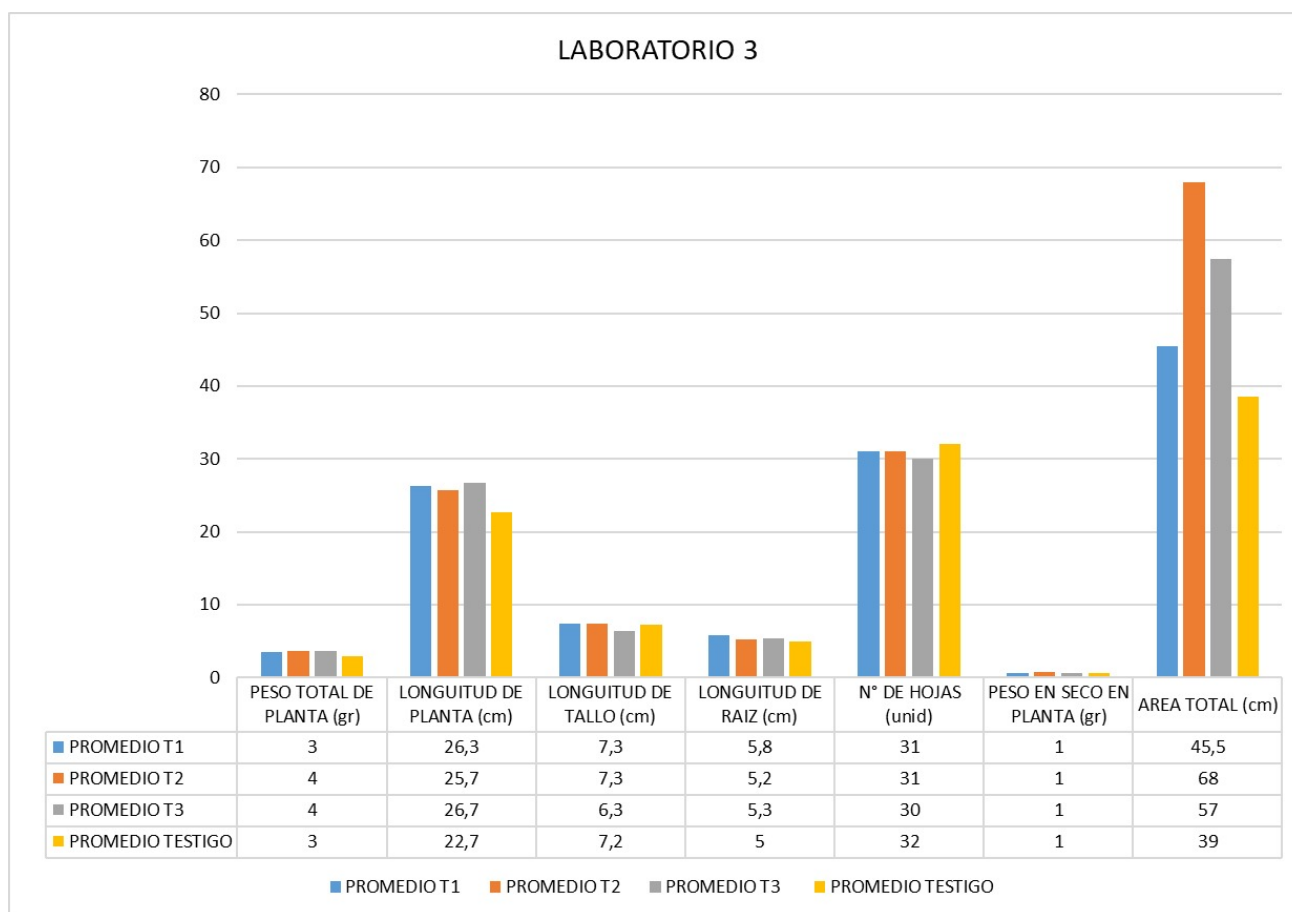
Nota: Acorde a los Resultados destacados el incremento es evidente respecto al laboratorio anterior, la longitud de planta: T3 con 21,8 cm fue el mayor, la longitud de tallo: T2 (6,8 cm) y T3 (7,17 cm) sobresalen y la longitud de raíz: T3 (5,2 cm) fue la más alta. Fuente autores, 2025.

Se evidenció en la Figura 17 que el tratamiento 3 (150 % solución de fitohormonas) presentó los valores más altos en la mayoría de las variables, destacándose la longitud de planta (21,8 cm), la longitud de tallo (7,17 cm) y el área total (34 cm<sup>2</sup>). Estos resultados reflejan un mayor crecimiento y desarrollo estructural de las plantas frente a los demás tratamientos y el testigo.

### 7.3 Tercer aplicación

**Figura 18**

*Análisis de laboratorio 3.*



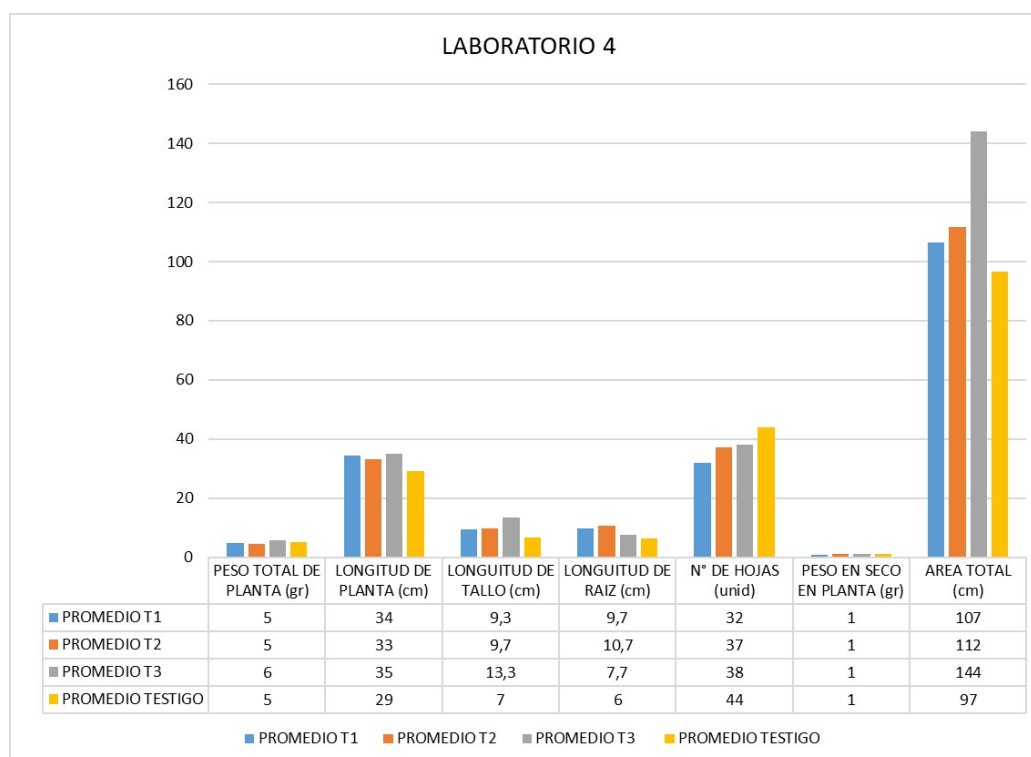
Nota: El tratamiento T3 presentó la mayor longitud de planta y el T2 el mejor desarrollo foliar, mostrando ambos efectos positivos en el crecimiento del cultivo. Fuente autores, 2025.

En la Figura 18 se observa que el tratamiento 2 (100 % solución de fitohormonas) presentó los mejores resultados, especialmente en el área total (68 cm<sup>2</sup>), mostrando un crecimiento foliar sobresaliente. Además, el tratamiento 3 (150 %) mantuvo valores similares en la longitud de planta (26,7 cm) y el peso total (4 g), evidenciando también un buen desarrollo general. El testigo registró los valores más bajos en la mayoría de las variables evaluadas.

## 7.4 Cuarta aplicación

**Figura 19**

*Análisis de laboratorio 4.*



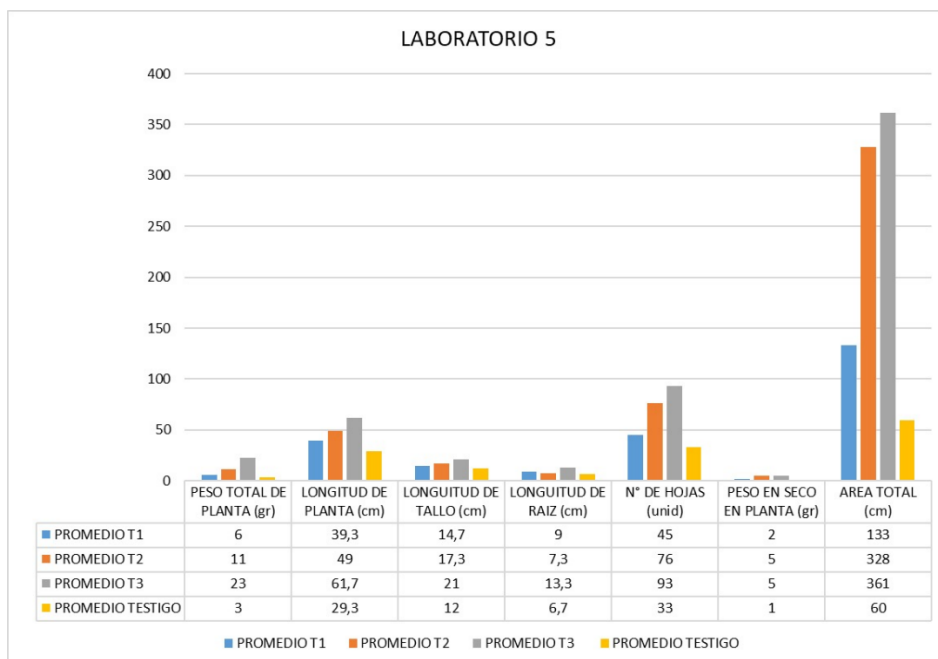
Nota: El tratamiento T3 presentó los mejores resultados en longitud de planta y área foliar, mientras que el T2 destacó por su desarrollo radicular. Fuente autores, 2025.

Figura 19. En el Laboratorio 4 se observa que el tratamiento 3 (150 % solución de fitohormonas) obtuvo el valor más alto en el área total (144 cm<sup>2</sup>), evidenciando un mejor desarrollo foliar y vigor de la planta. Sin embargo, el tratamiento 2 (125 %) también mostró buenos resultados en la longitud de raíz (10,7 cm) y número de hojas (37 unidades), mientras que el testigo presentó el mayor número de hojas (44), aunque con menor área foliar general.

## 7.5 Quinta aplicación

**Figura 20**

*Análisis de laboratorio 5.*

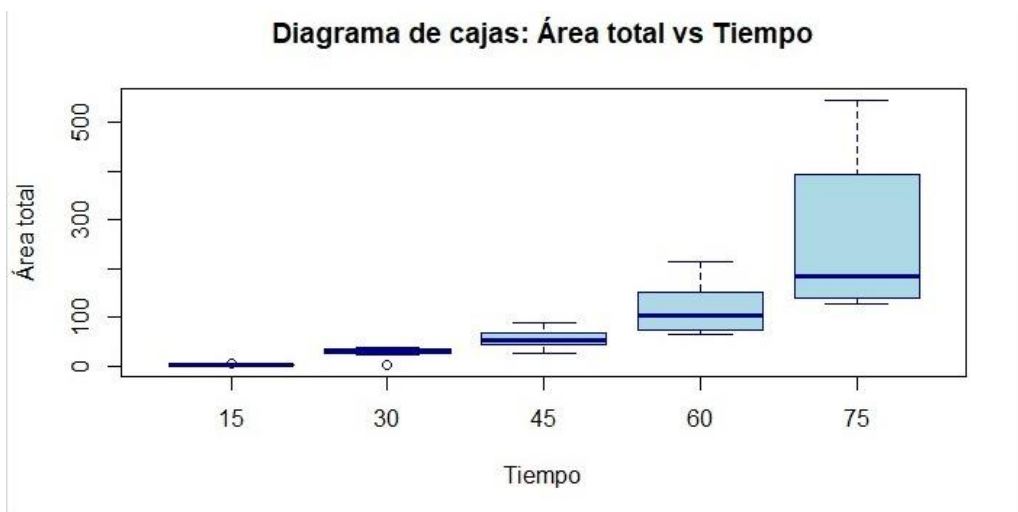


Nota: evidencia de los resultados del último laboratorio el presente apartado presenta los resultados del laboratorio 5, donde se comparan las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo bajo los diferentes tratamientos aplicados durante la investigación del proyecto Fuente autores, 2025.

Figura 20. En el Laboratorio 5 se evidenció que el tratamiento 3 (150 % de solución de fitohormonas) alcanzó los valores más altos en casi todas las variables, destacándose en la longitud de planta (61,7 cm), el número de hojas (93 unidades) y el área total (361 cm<sup>2</sup>), lo que refleja un desarrollo vigoroso y equilibrado. Asimismo, el tratamiento 2 (125 %) también presentó resultados favorables, especialmente en el área total (328 cm<sup>2</sup>), mientras que el testigo obtuvo los valores más bajos en general.

**Figura 21**

### Diagrama de cajas



Nota de gráfica: Diagrama Box plot para evaluar el área total en relación con el tiempo y las concentraciones. Fuente autores, 2025

### Análisis de Varianza (ANOVA) — Área Total

Se aplicó un ANOVA de dos vías para evaluar el efecto de las fitohormonas y su interacción sobre el área total de las plantas.

Hipótesis planteadas,

$H_0$  (nula): El uso de diferentes concentraciones de una solución de fitohormonas si tiene efecto significativo sobre el área total de las plantas.

$H_1$  (alternativa): El uso de diferentes concentraciones de una solución de fitohormonas no tiene efecto significativo sobre el área total de las plantas  $p = 8.46e-09 > 0.05 \rightarrow$  Se acepta  $H_0$ .

**Conclusión:** La aplicación de la solución de fitohormonas en distintas concentraciones influyen significativamente a comparación del tiempo de estudio y el área total de las plantas, a medida

que aumenta el tiempo de crecimiento, también aumenta el área foliar, indicando un claro efecto del desarrollo temporal.

**Figura 22**

*Anova de resultados*

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Tiempo  1 364042  364042    50.78 8.46e-09 ***
Residuals 43 308263    7169
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |

```

Nota de gráfica: Resultados del Anova para rechazar o aceptar las hipótesis. Fuente autores, 2025

### **Análisis Interpretativo**

El valor de  $p = 8.46e-09$  (es decir, 0.00000000846) es mucho menor que 0.001, o que indica que el efecto del tiempo en el área total no es estadísticamente significativo.

Valor  $F = 50.78$ :

Este valor es bastante alto, lo que sugiere que la variación en el área total se explica en gran parte por las concentraciones.

**Conclusión:** se puede afirmar que las concentraciones tienen un efecto real y sobre el crecimiento del área total de las plantas.

### **Análisis de los cinco laboratorios**

- Comportamiento de los tratamientos: El tratamiento (T3) al 150% fue el más sobresaliente en todos los laboratorios 1, 2, 3, 4 y 5, especialmente en longitud total de la planta, longitud de raíz, área foliar, peso total y peso seco, Esto

sugiere que T3 es el tratamiento más eficiente para estimular el crecimiento y desarrollo general de las plantas, el tratamiento (T2) al 100% mostró buenos resultados intermedios, destacando en desarrollo foliar en el laboratorio 3 y raíz en el 4, el tratamiento 1 (T1) tuvo efectos moderados, sin grandes diferencias frente al testigo, y por último el Testigo, aunque en algunos casos tuvo más hojas, siempre mostró menor peso y área foliar, lo cual indica menor desarrollo fisiológico y productivo.

- En conjunto, los resultados de los tratamientos T1 al 50%, T2 al 100% y T3 al 150% muestran una respuesta positiva de las plantas y al tratamiento T3, evidenciando que este promueve un crecimiento más fuerte y mayor área foliar, factores claves para un mejor rendimiento futuro, como abundante floración y buen llenado del fruto. Además, se confirma la efectividad del manejo con fitohormonas en comparación con el testigo, siendo una alternativa agroecológica viable para mejorar el desarrollo del pimentón bajo condiciones controladas de la Granja Agroecológica UNIMINUTO de la Rectoría oriente, Sede Villavicencio .

## **CAPITULO VIII**

### **8. Discusión**

La comparación de las hormonas en el desarrollo vegetativo indica que los resultados obtenidos en el Centro Universitario de Villavicencio confirman la teoría de que la aplicación de una solución compuesta por fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) induce una respuesta positiva en el crecimiento del pimentón. Esta tendencia se alinea con los hallazgos reportados por Guadamud y Guananga (2024) en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, quienes

demonstraron que los tratamientos hormonales superaron consistentemente al testigo en variables como la altura de la planta y el diámetro del tallo.

Esta similitud fisiológica sugiere que, independientemente de las condiciones climáticas entre Villavicencio (Colombia) y La Maná (Ecuador), el pimentón responde favorablemente al estímulo hormonal, lo que impulsa procesos de división y elongación celular, reflejando el papel esencial de las fitohormonas en el crecimiento y desarrollo vegetal.

El presente estudio se enfocó en las tres hormonas primarias (auxinas, giberelinas y citoquininas), evidenciando una alta eficacia en la promoción del crecimiento vegetativo y concordancia con lo observado en otros estudios. Por ejemplo, Freire Magallón (2020) determinó que el mayor rendimiento del pimiento se logró con la aplicación de complejos hormonales que combinan las tres clases principales de fitohormonas. De manera similar, Borjas, Julca y Alvarado (2020) destacaron que las fitohormonas son una herramienta clave para el desarrollo agrícola sostenible, ya que mejoran la calidad fisiológica y morfológica de los cultivos, optimizando el uso de los recursos naturales.

Además, los resultados obtenidos en Villavicencio respaldan la hipótesis de que la acción combinada de las hormonas es más eficiente para maximizar el rendimiento y las características del fruto (peso, diámetro y longitud), en comparación con la aplicación individual de cada una. En este sentido, Salazar (2019) encontró que la combinación de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) generó mejores resultados que su uso por separado en la propagación de especies hortícolas.

Por otra parte, el estudio de Vera y Damián (2022) realizado en Cotopaxi demostró que el tratamiento con brasinosteroides obtuvo los valores más altos tanto en el crecimiento vegetativo (altura y diámetro del tallo) como en el número de flores y frutos por planta. Esto

sugiere que la incorporación de nuevos reguladores podría potenciar aún más los resultados del presente trabajo, especialmente en sistemas agroecológicos donde se busca equilibrio entre productividad y sostenibilidad.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio y los antecedentes citados evidencian que las fitohormonas, en especial cuando se aplican en soluciones mixtas, son herramientas efectivas para impulsar el crecimiento y rendimiento del pimentón, representando una alternativa sostenible y de bajo impacto ambiental para la producción agroecológica.

## 8.1 Conclusiones

Las fitohormonas han demostrado ser un bio estimulante efectivo para mejorar la productividad y calidad del pimentón (*Capsicum annuum*), evidenciando que su aplicación puede resultar en frutos más grandes y saludables, de igual forma según el desarrollo del proyecto se puede evidenciar que el buen manejo en cuanto a la dosificación de estas fitohormonas (auxinas giberelinas y citoquininas), es crucial para la obtención de datos más acertados, esto llevando a conocer y analizar la influencia en crecimiento, y floración de la muestra.

- Por otro lado, la implementación de un monitoreo constante favorece en la observación de variables como el crecimiento de la planta, afectaciones, desarrollo del fruto y comparación entre las fitohormonas implementadas, por esta razón, un monitoreo intermitente puede afectar en la recolección de datos y obtención de resultados.
- La recopilación de material científico sobre las fitohormonas (auxinas giberelinas y citoquininas), favoreció en el momento de poner en práctica su aplicación, esto para tener en cuenta como sus propiedades pueden interactuar con el desarrollo de cada muestra y cómo estas pueden interactuar según el medio como el clima y el suelo, esto permitiendo

saber la necesidad del cultivo y con ello su aplicación.

## **8.2 Recomendaciones**

Se recomienda que el proyecto de evaluación de fitohormonas en el crecimiento y calidad del pimentón se implemente con un enfoque que puedan ser involucrados no solo a los estudiantes de ingeniería agroecológica, sino también a expertos en agronomía y biotecnología. Lo cual permitirá una comprensión más profunda de los efectos de las fitohormonas y su interacción con las condiciones ambientales, del suelo y su papel en la agroecología.

Además, se recomienda continuar con el seguimiento continuo de las variables agronómicas, de calidad del fruto y variables de crecimiento a lo largo de todas las fases del proyecto, implementando herramientas estadísticas necesarias para analizar los datos obtenidos (Borjas, R, et al. 2020).

Como a investigación futura, se recomienda para el centro de Villavicencio la evaluación del Brasinoesteroide en combinación con las otras hormonas para determinar si logran superar el rendimiento y la calidad del fruto obtenido con los tratamientos clásicos.

Asimismo, el presente proyecto se puede implementar para establecer una asociación por medio de sociabilización o capacitaciones para los agricultores locales, donde se abordan temas sobre el uso adecuado de fitohormonas y prácticas agroecológicas sostenibles, lo que permite ampliar conocimientos con los agricultores y sus vivencias, lo que podría mejorar no solo la producción, sino también la calidad de vida de las comunidades involucradas. Por último, la socialización de los resultados dentro de la comunidad académica y agrícola es esencial para fomentar la implementación de estas prácticas innovadoras, lo cual contribuye con la sostenibilidad ambiental y la calidad de los cultivos como del suelo (Alvarado, L. 2020).

## CAPITULO IX

### 9. Referencias bibliográficas.

- Alcántara Cortés, J., *et al.* (2019). *Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal*. *Nova*, 17(32), 115–123.  
<https://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Armijos Encalada, S. I. (2020). *Respuesta del pimiento (Capsicum annum L.) a la aplicación de bioestimulantes* [Trabajo de titulación]. Machala, Ecuador.
- Ávila, G., Rodríguez, A., & Moreno, E. (2021). *Estado, uso e importancia de fitohormonas de síntesis y estimulantes de crecimiento en el cultivo de rosa (Rosa sp.)* [Trabajo de grado]. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A).
- Bernal Rodríguez, K. E., & Chaparro Jiménez, J. S. (2024). *Análisis estadístico del impacto de tratamientos y duraciones de cultivo en el desarrollo de la lechuga (Lactuca sativa) en la Universidad de la Amazonía* [Trabajo de grado]. Universidad de la Amazonía.
- Bojaca, C., & Monsalve, O. (2012). *Manual de producción del pimentón*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Borjas, N., Julca, A., & Alvarado, L. (2020). *Las fitohormonas: una pieza clave en el desarrollo de la agricultura*. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150–164.  
<https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>

- Cabrera Barros, J. S., Yáñez Araujo, E. A., & García Bautista, R. M. (2022). *Efecto en las aplicaciones de tres bioestimulantes en la germinación y desarrollo de especies hortícolas*. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 27–40.
- Contreras, R. (2013, mayo 15). *Hormonas vegetales: Citoquininas*. *Biología La Guía 2000*. <https://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/hormonas-vegetales-citoquininas>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2015). *El cultivo de pimentón (Capsicum annum L.) bajo invernadero*. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bo1\\_Insumos\\_jul\\_2015.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bo1_Insumos_jul_2015.pdf)
- Fichet, T. L. (2017). *Biosíntesis de las fitohormonas y modo de acción de los reguladores de crecimiento*. [Archivo PDF].
- FAO. (2019). *Desarrollo de los cultivos a partir de la aplicación y uso de las fertilizaciones y hormonas para obtener mayores rendimientos en el cultivo de pimiento* (p. 14). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Freire Magallón, R. V. (2020). *Evaluación de fitohormonas comerciales en el desarrollo y producción del pimiento (Capsicum annum L.)* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Guadamud Guanín, G. G., & Guanangga Bermeo, B. P. (2024). *Producción del cultivo de pimiento (Capsicum annum L.) con la aplicación de diferentes fitohormonas* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Julca-Otiniano, A., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., León-Rojas, F., Valderrama-Palacios, D., & Bello-Amez, S. (2023). *Variedades de café (Coffea*

*arabica*), una revisión y algunas experiencias en el Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(2), 134–155.

- López Gómez, I. (2024). *Aplicación de nanopartículas de plata (AgNPs) para la inhibición del hongo fitopatógeno causante de la negrilla en Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck* [Trabajo de investigación].
- López Gutiérrez, A. M., Marín Montoya, J. D., Isaza Valencia, L., Gómez López, L. M., & Ruiz López, M. A. (2024). *Manual de prácticas de laboratorio y campo para el área de biología vegetal*.
- Llamba Quillin, M. A. (2024). *Guía de estudio como recurso didáctico para el aprendizaje de Biología Vegetal con estudiantes de tercer semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Química y Biología* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo].
- Martínez, A., & Contreras, E. (2019). *Auxins and abiotic stress tolerance in pepper plants*. *Plant Science Today*, 6(2), 113–121.
- Martínez, C. (2020). *Agroecología y sostenibilidad: prácticas y desafíos en sistemas agrícolas*. Editorial AgroCol.
- Mejillón Chalen, K. J. (2023). *Evaluación del rendimiento productivo del pimiento (Capsicum annuum) híbrido Salvador, bajo la aplicación de tres bioestimulantes en la provincia de Santa Elena, La Libertad* [Trabajo de titulación, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Melgarejo, L. M. (2010). *Experimentos en fisiología vegetal*. Universidad Nacional de Colombia.

- Rodríguez, A., Pérez, L., & Gómez, R. (2019). *El pimentón: características y beneficios nutricionales*. *Journal of Agricultural Science*, 11(3), 55–63.
- Rodríguez, F., & Morales, C. (2021). *Induced parthenocarpy in horticultural crops: A review of the role of auxins in fruit set*. *International Journal of Agricultural Biology*, 23(2), 350–358.
- Salazar, M. (2019). *Efecto de las fitohormonas ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación de esquejes de patita de paloma (Iresine herbstii)* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Sánchez Vera, W. D. (2022). *Efecto de la giberelina sobre el rendimiento y calidad del pimiento (Capsicum annuum L.)* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Vera, S., & Damián, W. (2022). *Efecto de la giberelina sobre el rendimiento y calidad del pimiento (Capsicum annuum L.)* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Zambrano Zamora, L. D. (2023). *Rendimiento y calidad del pimiento (Capsicum annuum L.) bajo efecto de poda y fitohormonas en la zona central de la costa ecuatoriana* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Zapata, S. (2018). *Efecto de las fitohormonas en el rendimiento del pimiento*. *Revista de Ciencias Agrícolas y Ambientales*, 15(1), 45–52.
- Zavala-Borrego, F., Reyes-González, A., Álvarez-Reyna, V. D. P., Cano-Ríos, P., & Rodríguez-Moreno, V. M. (2022). *Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 407–420.

## CAPITULO X

### 10. Anexos.

*Anexo 1.*

**Figura 23**

Manejo y adecuación del terreno.



Iniciando con la figura A se encuentra el lote con la instalación de la polisombra para protección del cultivo. En la figura B trasplante de plántulas de pimentón germinadas en casa. Continuando con la figura C donde se ve el crecimiento y desarrollo de las plántulas de pimentón en campo. En la figura D se puede evidenciar aplicación de bioinsecticida para el manejo agroecológico de plagas. Y en la figura E el riego aplicado al cultivo de pimentón. Y para terminar en la figura F se ve avance en el desarrollo de las plántulas y aplicación del tratamiento con fitohormonas.

### Figura 4

*Procedimientos en laboratorio.*

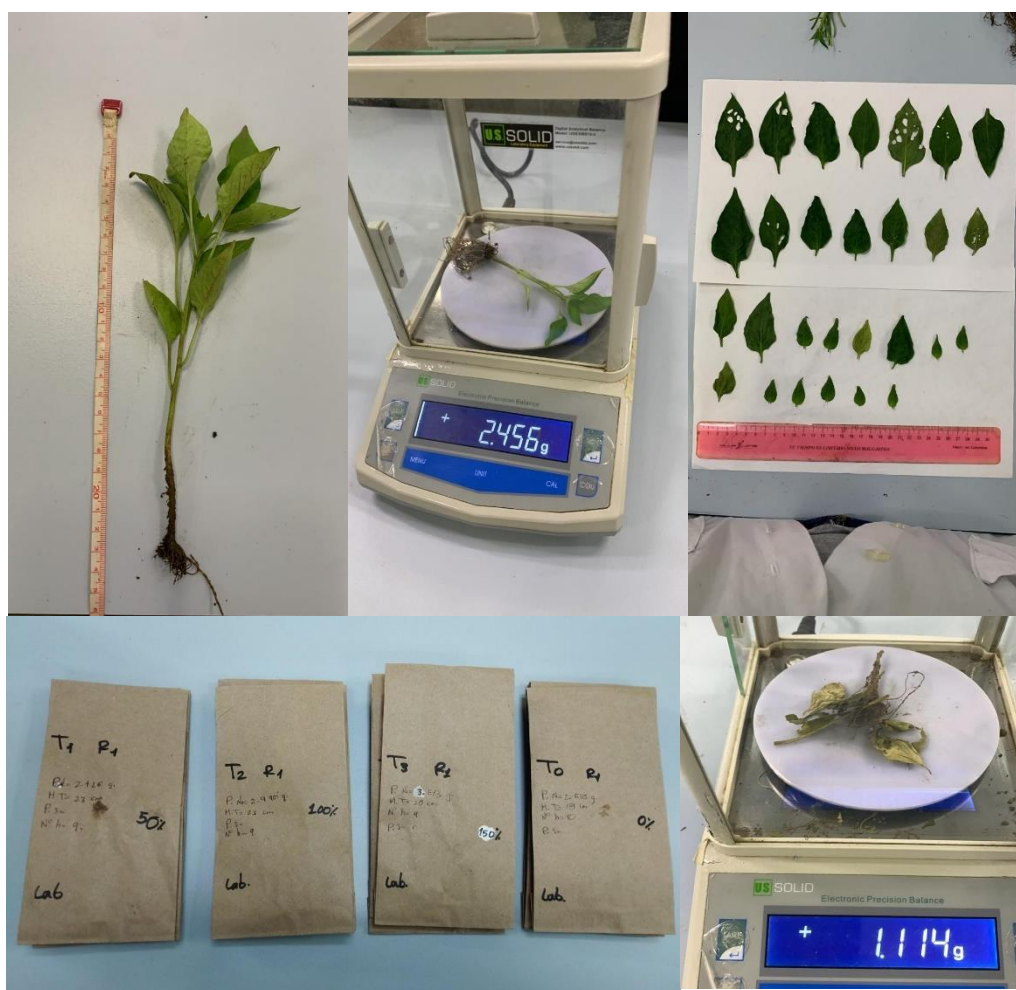


Figura A toma de parámetros de medición de las plántulas en el laboratorio. En la figura B el primer pesaje de la plántula completa. Se encuentra en la figura C la medición del tamaño y número de hojas de las plántulas. Continuando con la figura D ya las muestras tomadas y empacadas en bolsas de papel después de la toma de parámetros, correspondientes a los tres tratamientos y el testigo. Y por último en la figura E se encuentra el pesaje de las plántulas en estado seco, incluyendo raíz y parte aérea.

**Tabla 5**

Toma de datos del primer laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0

Variables a evaluar A.C	T1(50%)			PROMEDIO T1	Variables a evaluar A.C	T2(100%)			PROMEDIO T2
Numero de Plantas	R1	R2	R3		Numero de Plantas	R1	R2	R3	
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)		0,111	0,126	0,1	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	0,183	0,137	0,11	0,1
LONGITUD DE PLANTA (cm)	8	5,5	6	6,5	LONGITUD DE PLANTA (cm)	8	7	6	7,0
LONGITUD DE TALLO (cm)	2,5	0,167	2	1,6	LONGITUD DE TALLO (cm)	2	2	2	2,0
LONGITUD DE RAIZ (cm)	1	2	3	2,0	LONGITUD DE RAIZ (cm)	3,5	2,5	3	3,0
N° DE HOJAS	4	2	4	3,3	N° DE HOJAS	6	4	4	4,7
PESO EN SECO EN PLANTA (gr)	0,048	0,017	0,007	0,0	PESO EN SECO EN PLANTA (gr)	0,021	0,020	0,01	0,0
AREA TOTAL	2	1,364	2,324	2	AREA TOTAL	2,756	1,794	1,476	2,0

Variables a evaluar A.C	T3(150%)			PROMEDIO T3	Variables a evaluar A.C	TESTIGO			PROMEDIO TESTIGO
Numero de Plantas	R1	R2	R3		Numero de Plantas	R1	R2	R3	
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	0,287	0,326	0,176	0,3	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	0,245	0,139	0,101	0,2
LONGITUD DE PLANTA (cm)	10	10	8	9,3	LONGITUD DE PLANTA (cm)	7	7	6	6,7
LONGITUD DE TALLO (cm)	2	1,8	2	1,9	LONGITUD DE TALLO (cm)	2	2	4	2,7
LONGITUD DE RAIZ (cm)	3,5	3	4	3,5	LONGITUD DE RAIZ (cm)	3,8	3	1	2,6
N° DE HOJAS	5	8	4	5,7	N° DE HOJAS	6	4	2	4,0
PESO EN SECO EN PLANTA (gr)	0,035	0,024	0,019	0,0	PESO EN SECO EN PLANTA (gr)	0,098	0,123	0,365	0,2
AREA TOTAL	4,279	6,413	2,431	4,4	AREA TOTAL	4	1	1,452	2,3

**Tabla 6**

Toma de datos del segundo laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0

Variables a evaluar A.C	T1(50%)			PROMEDIO T1	Variables a evaluar A.C	T2(100%)			PROMEDIO T2
NUMERO DE PLANTAS	R1	R2	R3		NUMERO DE PLANTAS	R1	R2	R3	
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	2,456	2,828	2,264	2,5	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	2,798	2,415	1,994	2,4
LONGITUD DE PLANTA	17,2	17,4	21	18,5	LONGITUD DE PLANTA	18,5	19,5	21,5	19,8
LONGITUD DE TALLO	5	4,5	6	4,1	LONGITUD DE TALLO	8	4,5	8	6,8
LONGITUD DE RAIZ	5,2	5	5	4,1	LONGITUD DE RAIZ	4,60	4	7	5,2
N° DE HOJAS	9	9	8	8,7	N° DE HOJAS	9	9	8	8,7
PESO EN SECO EN PLANTA	0,528	0,527	0,477	0,5	PESO EN SECO EN PLANTA	0,441	0,368	0,373	0,4
AREA TOTAL	26	36	25	29,0	AREA TOTAL	24	30,339	33	29

Variables a evaluar A.C	T3(150%)			PROMEDIO T3	Variables a evaluar A.C	TESTIGO			PROMEDIO TESTIGO
NUMERO DE PLANTAS	R1	R2	R3		NUMERO DE PLANTAS	R1	R2	R3	
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	2,097	2,779	2,562	2,5	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	1,977	1,962	1,517	1,8
LONGITUD DE PLANTA	18,5	25,5	21,5	21,8	LONGITUD DE PLANTA	18	21	15,5	18,2
LONGITUD DE TALLO	7,50	7,00	7,00	7,2	LONGITUD DE TALLO	4	8	7	6,3
LONGITUD DE RAIZ	4,00	7,50	4,50	5,3	LONGITUD DE RAIZ	2,1	4,1	2	2,7
N° DE HOJAS	9	8	9	8,7	N° DE HOJAS	8	8	9	8,3
PESO EN SECO EN PLANTA	0,365	0,611	0,432	0,5	PESO EN SECO EN PLANTA	0,357	0,431	0,285	0,4
AREA TOTAL	32	34	37	34,3	AREA TOTAL	27,79	28	26,178	27,3

**Tabla 7**

Toma de datos del tercer laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0

Variables a evaluar A.C	T1(50%)			PROMEDIO T1	Variables a evaluar A.C	T2(100%)			PROMEDIO T2
NUMERO DE PLANTAS	R1	R2	R3		NUMERO DE PLANTAS	R1	R2	R3	
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	2	4	4	3,5	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	3	4	3	3,6
LONGITUD DE PLANTA	23	27	29	26,3	LONGITUD DE PLANTA	23	31	23	25,7
LONGITUD DE TALLO	7	8	7	7,3	LONGITUD DE TALLO	7	8	7	7,3
LONGITUD DE RAIZ	8	5	4,5	5,8	LONGITUD DE RAIZ	4	5,5	6	5,2
N° DE HOJAS	9	10	12	10,3	N° DE HOJAS	9	11	11	10,3
PESO EN SECO EN PLANTA	1	1	1	0,6	PESO EN SECO EN PLANTA	1	1	1	0,7
AREA TOTAL	25,259	43,523	68	45,5	AREA TOTAL	39	76	89	68

Variables a evaluar A.C	T3(150%)			PROMEDIO T3	Variables a evaluar A.C	TESTIGO			PROMEDIO TESTIGO
	R1	R2	R3			R1	R2	R3	
NUMERO DE PLANTAS					NUMERO DE PLANTAS				
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	4	4	4	3,6	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	3	3	3	2,9
LONGITUD DE PLANTA (cm)	28	26	26	26,7	LONGITUD DE PLANTA (cm)	18	25	25	22,7
LONGITUD DE TALLO (cm)	5	7	7	6,3	LONGITUD DE TALLO (cm)	6,5	8	7	7,2
LONGITUD DE RAIZ (cm)	7	4	5	5,3	LONGITUD DE RAIZ (cm)	6,5	5	3,5	5,0
N° DE HOJAS	9	11	10	10,0	N° DE HOJAS	10	10	12	10,7
PESO EN SECO EN PLANTA (cm)	1	1	1	0,7	PESO EN SECO EN PLANTA (cm)	1	1	0	0,6
AREA TOTAL	52	54	66	57,4	AREA TOTAL	29	44	42	38,6

### Toma de datos del cuarto laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0

Variables a evaluar A.C	T1(50%)			PROMEDIO T1	Variables a evaluar A.C	T2(100%)			PROMEDIO T2
	R1	R2	R3			R1	R2	R3	
NUMERO DE PLANTAS					NUMERO DE PLANTAS				
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	4	3	7	4,8	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	4	6	4	4,6
LONGITUD DE PLANTA (cm)	30	29	44	34,3	LONGITUD DE PLANTA (cm)	31	37	31	33,0
LONGITUD DE TALLO (cm)	11	6	11	9,3	LONGITUD DE TALLO (cm)	5	12	12	9,7
LONGITUD DE RAIZ (cm)	7	12	10	9,7	LONGITUD DE RAIZ (cm)	12	11	9	10,7
N° DE HOJAS	11	8	13	10,7	N° DE HOJAS	13	13	11	12,3
PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	1	1	1	0,8	PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	1	1	1	1,0
AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	73	65	181	106,5	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	105	131	100	111,8

Variables a evaluar A.C	T3(150%)			PROMEDIO T3	Variables a evaluar A.C	TESTIGO			PROMEDIO TESTIGO
	R1	R2	R3			R1	R2	R3	
NUMERO DE PLANTAS					NUMERO DE PLANTAS				
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	8	3	6	5,7	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	4	6	5	5,2
LONGITUD DE PLANTA (cm)	41	30	34	35,0	LONGITUD DE PLANTA (cm)	28	31	28	29,0
LONGITUD DE TALLO (cm)	14	13	13	13,3	LONGITUD DE TALLO (cm)	8	6	6	6,7
LONGITUD DE RAIZ (cm)	6	8	9	7,7	LONGITUD DE RAIZ (cm)	6	8	5	6,3
N° DE HOJAS	14	11	13	12,7	N° DE HOJAS	14	13	17	14,7
PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	1	1	1	1,1	PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	1	1	1	1,2
AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	214	67	152	144,0	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	72	78	140	96,7

**Tabla 9**

### Toma de datos del quinto laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0

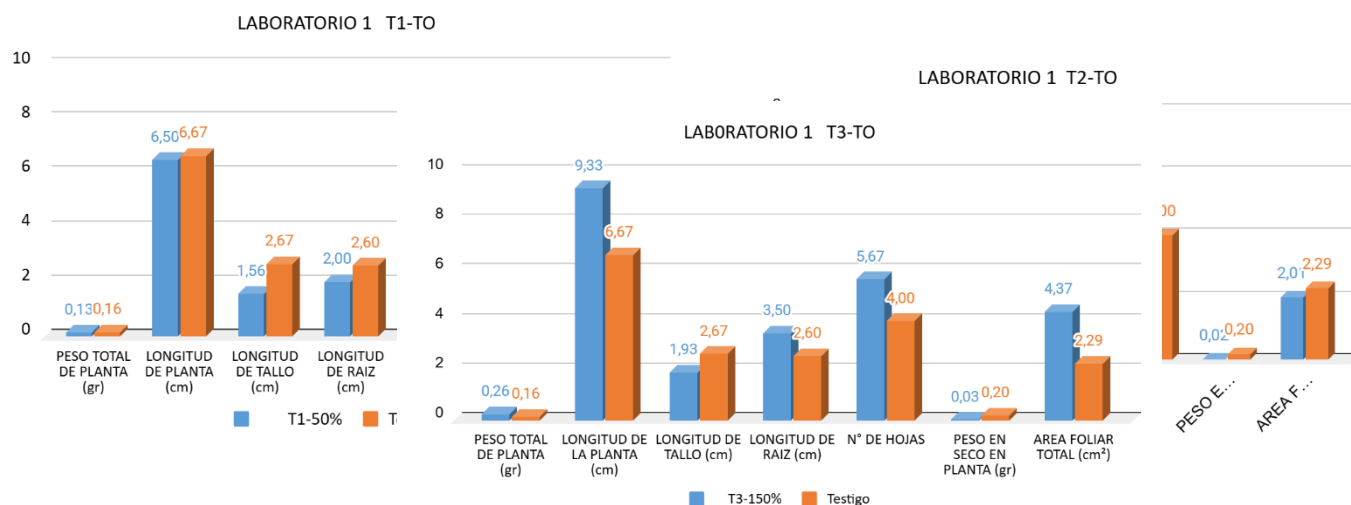
Variables a evaluar A.C	T1(50%)			PROMEDIO T1	Variables a evaluar A.C	T2(100%)			PROMEDIO T2
	R1	R2	R3			R1	R2	R3	
NUMERO DE PLANTAS					NUMERO DE PLANTAS				
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	6	7	5	6,1	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	13	9	12	11,1
LONGITUD DE PLANTA (cm)	37	42	39	39,3	LONGITUD DE PLANTA (cm)	59	40	49	49,3
LONGITUD DE TALLO (cm)	15	16	13	14,7	LONGITUD DE TALLO (cm)	23	15	14	17,3
LONGITUD DE RAIZ (cm)	6	9	12	9,0	LONGITUD DE RAIZ (cm)	7	8	7	7,3
N° DE HOJAS	14	19	12	15,0	N° DE HOJAS	33	15	28	25,3
PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	3	2	1	2,1	PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	7	4	3	4,6
AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	140	135	126	133,2	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	546	167	271	327,7

Variables a evaluar A.C	T3(150%)			PROMEDIO T3	Variables a evaluar A.C	TESTIGO			PROMEDIO TESTIGO
	R1	R2	R3			R1	R2	R3	
NUMERO DE PLANTAS					NUMERO DE PLANTAS				
PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	20	11	38	22,7	PESO TOTAL DE PLANTA (gr)	3	4	3	3,4
LONGITUD DE PLANTA (cm)	56	53	76	61,7	LONGITUD DE PLANTA (cm)	28	30	30	29,3
LONGITUD DE TALLO (cm)	16	21	26	21,0	LONGITUD DE TALLO (cm)	8	13	15	12,0
LONGITUD DE RAIZ (cm)	10	10	20	13,3	LONGITUD DE RAIZ (cm)	7	7	6	6,7
N° DE HOJAS	32	19	42	31,0	N° DE HOJAS	12	11	10	11,0
PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	4	3	8	5,2	PESO EN SECO DE LA PLANTA (cm)	1	1	1	1,0
AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	393	184	506	361,3	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	26	85	68	59,6

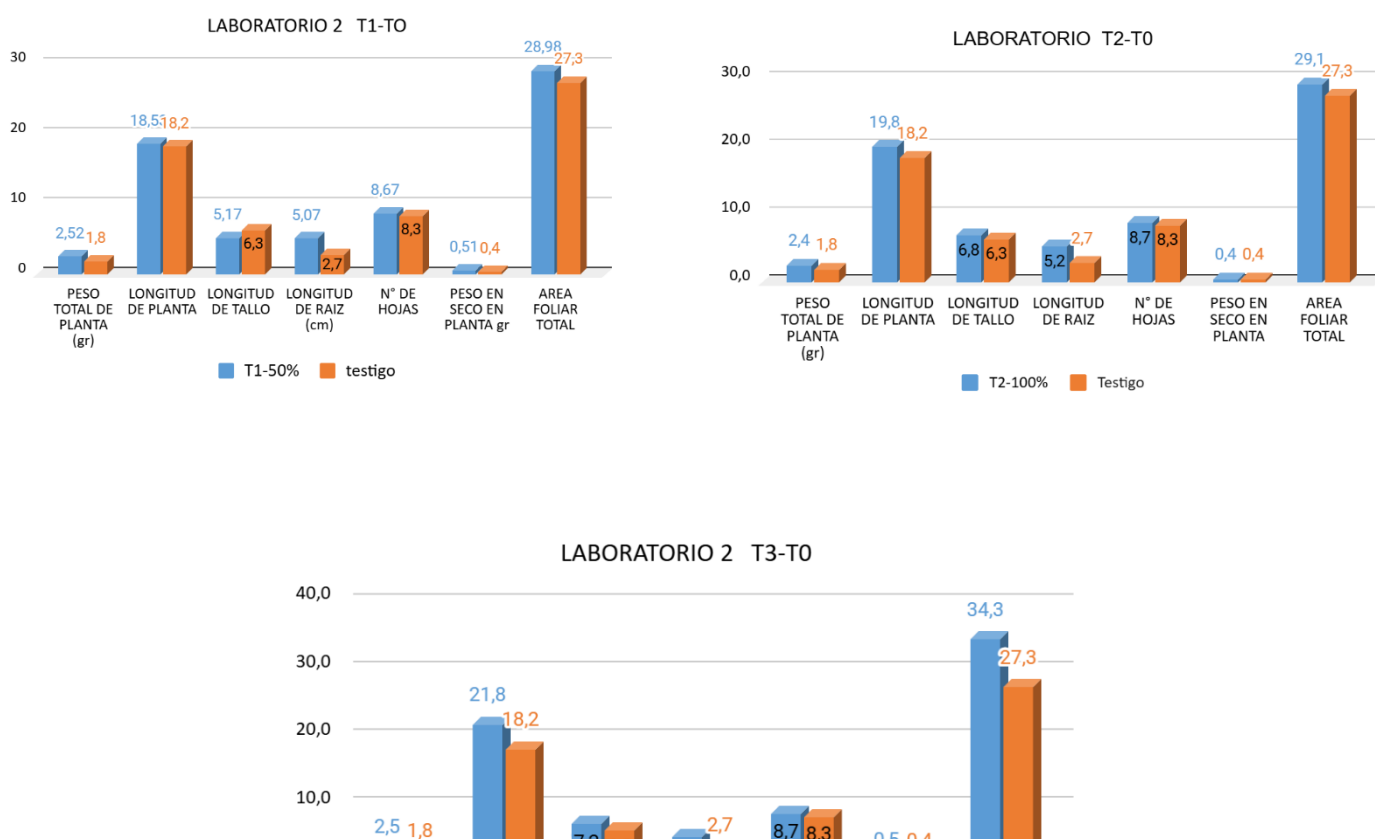
**Figura 25**

Graficas de resultados de cada tratamiento del primer laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0.



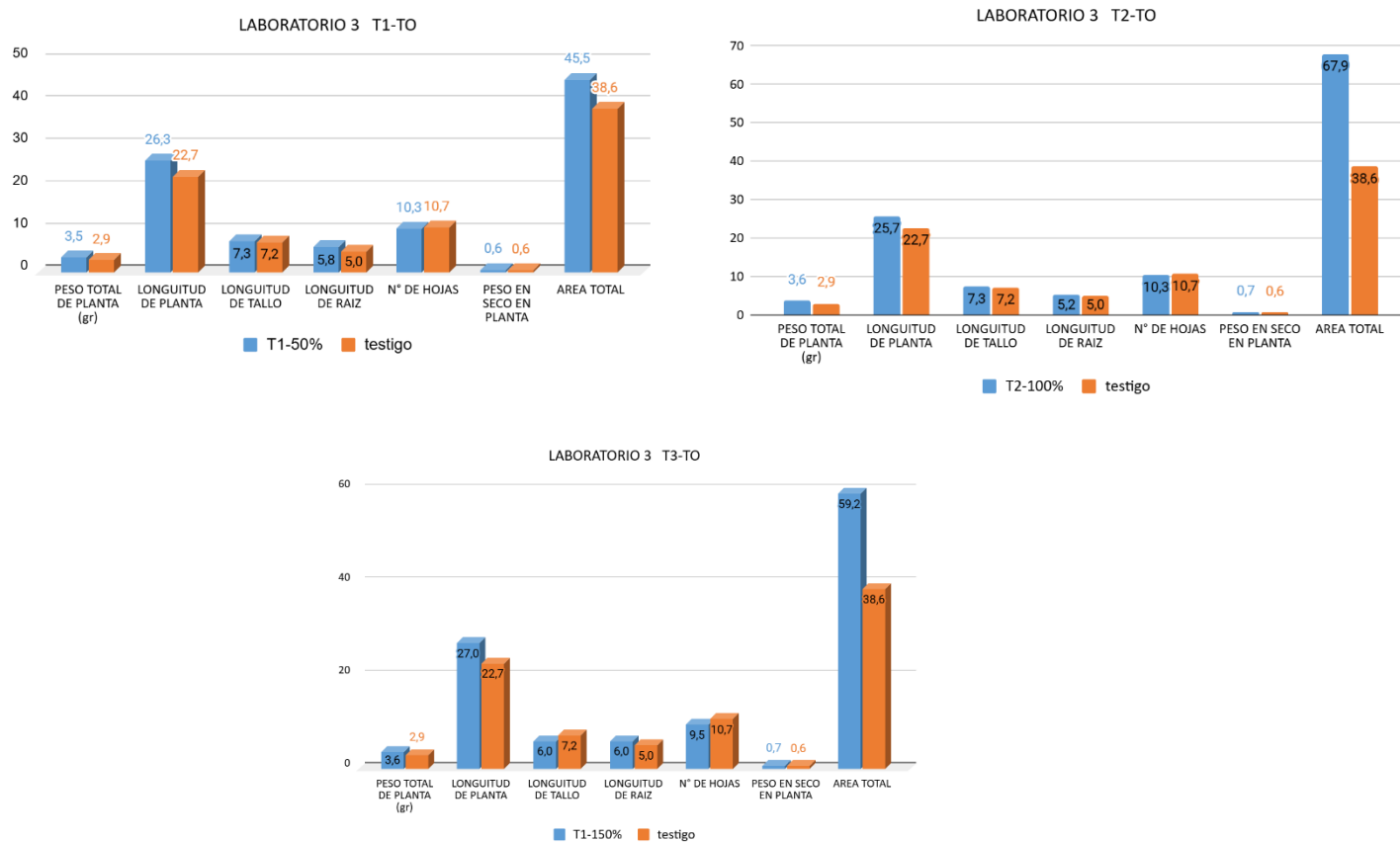
**Figura 26**

Graficas de resultados de cada tratamiento del segundo laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0



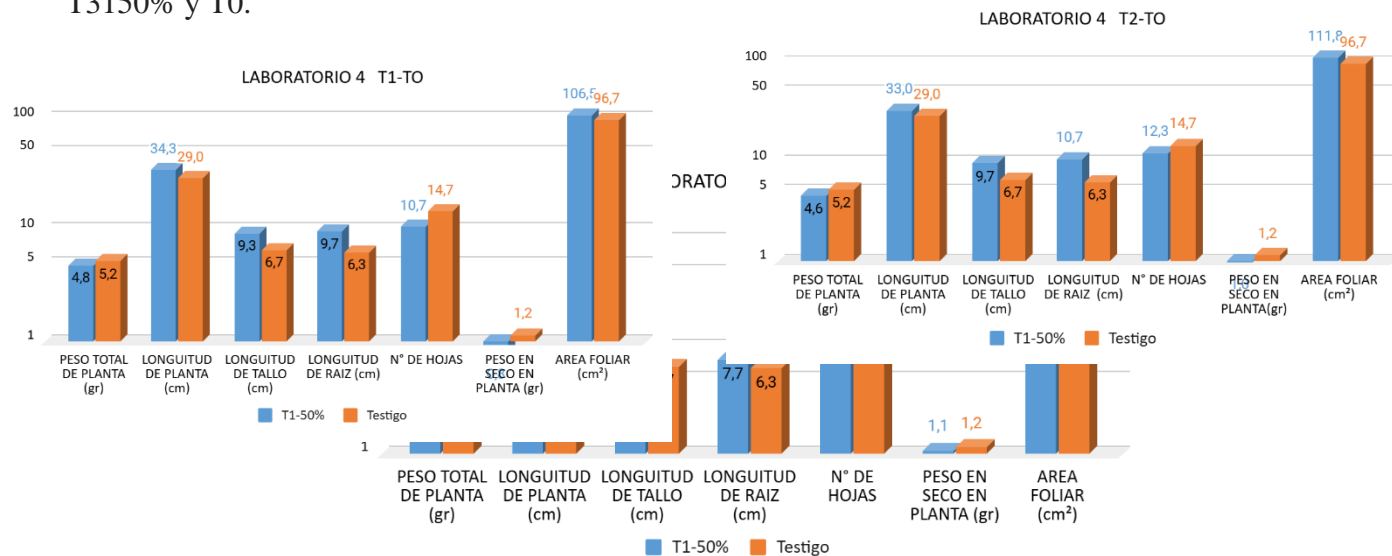
**Figura 27**

Graficas de resultados de cada tratamiento del tercer laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0.



**Figura 28**

Graficas de resultados de cada tratamiento del cuarto laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0.



**Figura 29**

Graficas de resultados de cada tratamiento del quinto laboratorio T1-50%, T2-100%-T3150% y T0.

