

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA



**TEMA:** EFECTOS DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DE *Rosa* sp.  
EN COTACACHI -IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

**AUTORA:**

Génesis Nayeli Murillo Ruíz  
Cristina Yamilet Chavarria Montalvan

**DIRECTOR:**

Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaino PhD.

Ibarra-Ecuador 2026

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

## **EFFECTOS DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DE *Rosa* sp. EN COTACACHI -IMBABURA**

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

**INGENIERA AGROPECUARIA**

APROBADO:

Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaino PhD.

**DIRECTOR**

---

FIRMA

Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

**ASESORA**

---

FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Murillo Ruíz Génesis Nayeli; Chavarria Montalvan Cristina Yamilet

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Efectos de bioestimulantes foliares en el cultivo de <i>Rosa</i> sp. en Cotacachi - Imbabura
<b>AUTOR (ES):</b>	Murillo Ruíz Génesis Nayeli; Chavarria Montalvan Cristina Yamilet
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	12 de febrero de 2026
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Agropecuaria
<b>DIRECTOR /ASESOR:</b>	Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaino, PhD / Ing. Julia Karina Prado Beltrán, PhD

## **2. CONSTANCIAS**

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

Ibarra, a los 26 días del mes de mayo de 2026

### **LA AUTORA:**

.....

Génesis Nayeli Murillo Ruíz

### **LA AUTORA:**

.....

Cristina Yamilet Chavarria Montalvan

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Génesis Nayeli Murillo Ruíz y Cristina Yamilet Chavarria Montalvan

Ibarra a los 26 días del mes de mayo de 2026

.....

Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaino, PhD.

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 26 días del mes de mayo del 2026

**Génesis Nayeli Murillo Ruíz y Cristina Yamilet Chavarria Montalvan:** “EFECTOS DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DE Rosa sp. EN COTACACHI - IMBABURA”

Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 26 días del mes de mayo del 2026 110 páginas.

**DIRECTOR (A):** Ing. Telmo Fernando Basantes Vízcaíno, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar los efectos de bioestimulantes foliares en el cultivo de Rosa sp. en Cotacachi -Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar el comportamiento agronómico en el cultivo de rosas con la aplicación de bioestimulantes.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

## **AGRADECIMIENTO**

*Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, en especial a la carrera de Ingeniería Agropecuaria por brindarnos la oportunidad de ser parte de su comunidad académica, permitiéndonos crecer tanto en lo académico como en lo personal.*

*Agradecemos sinceramente a la empresa de SIAGROS por apoyarnos con el financiamiento de los productos y sobre todo a la Finca “Flor de Azama”, por apoyarnos y guiarnos incondicionalmente durante toda la fase experimental de nuestra investigación. Les agradecemos sinceramente porque su disposición y colaboración fueron esenciales para el éxito de este trabajo.*

*Al Ingeniero Fernando Basantes Vizcaino, PhD. por su dirección y sugerencias en la ejecución de nuestra tesis. Así mismo, agradecemos a nuestra asesora la Ing. Julia Prado, PhD, por su guía experta, su paciencia y dedicación.*

*A nuestros docentes el Doc. Xavier Bonifaz y la Ing. Magali Cañarejo Antamba, quienes al apoyarnos en el camino de nuestra formación académica nos enseñaron a no rendirnos y seguir avanzando, aunque a veces fuera difícil de seguir.*

*Finalmente, agradecemos a nuestros compañeros y amigos, por su amistad y por acompañarnos durante la ejecución de nuestra tesis y sobre todo durante toda la carrera.*

***Génesis y Cristina***

## DEDICATORIA

*Con toda gratitud y amor dedico este logro en primer lugar, a Dios, por haberme guiado durante este camino, por sostenerme y cuidarme a lo largo de mi vida. Sobre todo, le agradezco por brindarme la fortaleza para cumplir cada una de mis metas.*

*A mis padres, Yonathan Murillo y Mayra Ruíz, por ser el cimiento de mi vida y mi motor constante. Gracias por su amor incondicional, por su incansable esfuerzo y por sostenerme en cada paso. Hoy agradezco a mis amados padres por ser mi refugio y sobre todo por enseñarme tantos valores y los que hoy más destaco en mí tesis: trabajo, honestidad y perseverancia. Estaré eternamente agradecida por impulsarme a seguir adelante a pesar de los tropiezos y por recordarme con cada palabra de aliento que soy capaz de alcanzar todo lo que me proponga, por criarme como una mujer de valores y respeto, su ejemplo es la huella que decido seguir hoy y siempre.*

*A mi querida abuelita Laura Moreano, por su amor infinito y por transmitirme su conocimiento y pasión al campo. A mi hermana Nathaly Murillo y a mi sobrina, por ser fuente de alegría y brindarme su apoyo incondicional en los momentos que más lo he necesitado.*

*A mi prima Mishell Ruíz, por estar presente en el proceso de mi carrera. Gracias por no dejarme sola ni un instante, por tu preocupación genuina y por demostrarme que el apoyo de la familia es el motor que nos ayuda a terminar lo que empezamos.*

*A mi hijo gatuno Nicolás, por su amor puro, por la felicidad que me brindó y por su fiel compañía durante este proceso tan importante de mi vida.*

*A mi novio Daniel Núñez, por ser mi apoyo constante desde el inicio de mi carrera, mi paz en medio del caos y mi alegría diaria. Gracias por caminar a mi lado en cada etapa de este sueño, por creer en mi capacidad incluso cuando yo dudaba, y por estar siempre presente con la palabra exacta y el abrazo oportuno.*

*Finalmente, me dedico este logro a mí misma, por haber trabajado con absoluta dedicación, honestidad y entrega, por haber tenido la fortuna de aprender sobre lo que me apasiona, creciendo y fortaleciéndome en cada etapa de este camino, por auto demostrarme que puedo ser valiente y brillar con luz propia. Esta tesis es el recordatorio permanente de que soy capaz de alcanzar lo que me proponga, incluso ante la mayor dificultad, y que cada desafío superado es una victoria personal que atesoraré siempre.*

**Génesis Nayeli Murillo Ruíz**

## DEDICATORIA

*Este logro se lo debo primero a Dios por haberme acompañado, cuidado y brindado su amor en los momentos más difíciles, ayudándome a cumplir cada uno de mis sueños.*

*A mi madre **María Chavarria** que incondicionalmente estuvo conmigo brindándome su apoyo a pesar de todas las dificultades que se han presentado a lo largo de toda la carrera, por todo su sacrificio y esfuerzo, demostrándome su amor incondicional gracias por ser mi fuente de motivación para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.*

*A mi padre **Fernando Chávez** agradecerle infinitamente por haber forjado mi carácter desde niña, siempre inculcando en mi esa valentía de que soy capaz de cumplir con todo lo que me proponga, gracias por cada lección, por la exigencia que me hizo mejorar y por las palabras de aliento que me guiaron para culminar esta meta. Este logro es fruto de esa perseverancia que tú sembraste en mí.*

*A mi mejor amiga **Ayleen Burbano** mi gratitud infinita no cabe en estas líneas. Gracias por ser mucho más que una amiga; eres la hermana que la vida me regaló. Gracias por tu cariño inquebrantable, por prestarme tu fuerza cuando la mía se agotaba. Gracias por abrirme las puertas de tu hogar y de tu corazón, haciéndome sentir parte de tu familia y dándome un refugio seguro donde siempre encontré paz. Serás siempre mi compañera de batallas, mi cómplice eterna y el pilar fundamental de este logro. Estaré infinitamente agradecida con Lorena Guerrero, Ximena Andrade, Sury Burbano mujeres extraordinarias y todas las personas que estuvieron presentes por haberme llenado de amor cuando más lo necesitaba, su preocupación cuando me veían agobiada, llenándome con sus palabras de aliento que no me dejaban decaer para que este sueño se haga realidad.*

*A ti, **Mateo Astudillo**, gracias por ser en mi apoyo incondicional, por tu paciencia, por cada palabra de aliento que me ayudo a seguir cuando más lo necesitaba, infinitamente agradecida con Dios por haber cruzado a en mi camino a personas como tú.*

**Cristina Yamilet Chavarria Montalvan**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIX
RESUMEN .....	XX
ABSTRACT .....	XXI
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema de Investigación .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.5.1 Hipotesis alternativa (H1): .....	4
1.5.2 Hipotesis nula (H0): .....	4
CAPITULO II .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Floricultura en el Ecuador .....	5
2.2. Cultivo de Rosa ( <i>Rosa</i> sp.).....	5
2.2.1 Taxonomía de la Rosa ( <i>Rosa</i> sp.).....	5
2.2.2 Variedad Freedom .....	6
2.2.3 Fenología de la rosa ( <i>Rosa</i> sp.) .....	7

2.4 Requerimientos edafoclimáticos y fisiológicos del cultivo de <i>Rosa</i> sp. ....	9
2.5 Manejo del cultivo de <i>Rosa</i> sp. ....	10
2.6 Uso de bioestimulantes en la floricultura .....	11
2.6.1 Bioestimulantes .....	11
2.7 Marco legal.....	14
CAPITULO III .....	15
MARCO METODOLÓGICO .....	15
3.1 Descripción del área de estudio.....	15
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas.....	16
3.3 Métodos .....	17
3.3.1 Factor en estudio .....	17
3.3.2 Tratamientos .....	18
3.3.3 Concentración de ingredientes activos por tratamiento .....	19
3.3.3 Diseño experimental.....	20
3.3.4 Características del experimento.....	21
3.3.5 Características de la unidad experimental .....	21
3.3.6 Análisis estadístico.....	22
3.4 Variables evaluadas.....	22
3.4.1 Porcentaje de brotación de yemas florales (%) .....	22
3.4.2 Longitud del tallo (cm).....	23
3.4.3 Grosor del tallo (mm).....	24
3.4.4 Longitud del botón floral (cm) .....	24
3.4.5 Grosor del botón floral (mm) .....	25
3.4.6 Productividad (tallos/planta/mes).....	25
3.4.7 Porcentaje de ciegos y rosetas (%).....	25

3.4.8 Ciclo Fenológico (días) .....	26
3.4.9 Materia Fresca (g) .....	26
3.4.10 Materia Seca (g) .....	27
3.4.11 Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	28
3.4.12 Días a la cosecha (días) .....	28
3.4.13 Análisis Económico (Costo-Beneficio).....	28
3.5 Manejo específico del experimento.....	29
3.5.1 Factores a tomar en cuenta. ....	29
3.5.2 Establecimiento del área de estudio y delimitación de parcelas .....	30
3.5.3 Aplicación de los bioestimulantes.....	30
3.5.4 Medición y registro de datos .....	31
3.5.5 Cosecha .....	31
CAPÍTULO IV .....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Temperatura, Humedad Relativa y Déficit de Presión de Vapor (DPV) .....	33
4.2 Porcentaje de brotación de yemas florales (%) .....	38
4.3 Longitud del Tallo (cm) .....	38
4.4 Grosor de tallo (mm).....	40
4.5 Longitud de botón floral (cm) .....	43
4.6 Grosor de botón floral .....	46
4.7 Porcentaje de ciegos (%).....	48
4.8 Porcentaje de rosetas (%) .....	50
4.9 Ciclo fenológico (días).....	52
4.10 Materia fresca (g) .....	56
4.11 Materia seca (%).....	59

4.12 Determinación del área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	62
4.13 Días a la cosecha (días) .....	64
4.14 Productividad (tallos/planta/mes).....	66
4.15 Análisis económico (C/B) .....	69
CAPÍTULO V .....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
5.1 Conclusiones .....	72
5.2 Recomendaciones.....	72
ANEXOS.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Rosa de la var. Freedom</i> .....	7
<b>Figura 2</b> <i>Brote de una yema a los siete días después del pinch de la var. Freedom</i> .....	7
<b>Figura 3</b> <i>Hoja verdadera de la yema brotada a los 26 días luego del pinch de la var. Freedom</i> .....	8
<b>Figura 4</b> <i>Tallo en estado espiga a los 31 días luego del pinch de la var. Freedom</i> .....	8
<b>Figura 5</b> <i>Fenología de la var. Freedom tomada en la fase experimental de la investigación</i> .	9
<b>Figura 6</b> <i>Mapa base de la ubicación de la investigación en la Finca "Flor de Azama"</i> .....	16
<b>Figura 7</b> <i>Distribución de los tratamientos con sus repeticiones dentro del área de estudio</i> .	21
<b>Figura 8</b> <i>Esquema de la unidad experimental dentro del bloque utilizado</i> .....	22
<b>Figura 9</b> <i>Brote de yema floral al quinto día luego de iniciado el pinch</i> .	23
<b>Figura 10</b> <i>Medición de la longitud del tallo en fenología arroz</i> .	23
<b>Figura 11</b> <i>Medición del grosor de tallo en fenología arroz</i> .	24
<b>Figura 12</b> <i>Medición de la longitud del botón floral en fenología arroz</i> .....	24
<b>Figura 13</b> <i>Medición del grosor del botón floral en fenología arveja</i> .....	25
<b>Figura 14</b> <i>Presencia de mal formación de tallo vegetativo (roseta) durante la fenología de hojas verdaderas</i> .	26
<b>Figura 15</b> <i>Medición del peso fresco de los órganos de la rosa</i> .	27
<b>Figura 16</b> <i>Medición del peso seco de las hojas de un tratamiento</i> .	27
<b>Figura 17</b> <i>Medición del área foliar mediante el equipo LI-3100C</i> .	28
<b>Figura 18</b> <i>Instalación del sensor de humedad y temperatura</i> .	29
<b>Figura 19</b> <i>Preparación de los tratamientos para la aplicación foliar</i> .	31
<b>Figura 20</b> <i>Temperatura promedio de los días durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom</i> .....	33

<b>Figura 21</b> <i>Humedad relativa promedio de los días durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.</i> .....	34
<b>Figura 22</b> <i>Déficit de Presión de Vapor (kPa) promedio de los días durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.</i> .....	35
<b>Figura 23</b> <i>Temperatura del día más caluroso y frío registrado durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.</i> .....	35
<b>Figura 24</b> <i>Humedad Relativa del día más caluroso y frío registrado en el día 50 y 62 de la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.</i> .....	36
<b>Figura 25</b> <i>Déficit de Presión de Vapor (kPa) del día más caluroso y frío registrado durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.</i> .....	37
<b>Figura 26</b> <i>Longitud (cm) de los tallos de Rosa sp. de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.</i> .....	39
<b>Figura 27</b> <i>Grosor de los tallos (mm) de rosa de la var. Freedom a través del tiempo (monitoreo).</i> .....	41
<b>Figura 28</b> <i>Grosor (mm) de los tallos de rosa de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.</i> .....	42
<b>Figura 29</b> <i>Longitud (cm) de los botones florales de Rosa sp. de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.</i> .....	44
<b>Figura 30</b> <i>Grosor (mm) de los botones florales de Rosa sp. de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.</i> .....	47
<b>Figura 31</b> <i>Porcentaje de ciegos del cultivo de Rosa sp. Var. Freedom al aplicar la combinación de dos bioestimulantes a lo largo del monitoreo.</i> .....	49
<b>Figura 32</b> <i>Días de duración de cada fase fenológica del cultivo de rosas al aplicar la combinación de dos bioestimulantes a lo largo del monitoreo.</i> .....	53

<b>Figura 33</b> <i>Esquema de las fenologías de los tratamientos más precoces en comparación con la fenología del Testigo.</i> .....	54
<b>Figura 34</b> <i>Área foliar (cm<sup>2</sup>) de los tallos de cada tratamiento en el cultivo de Rosa sp. en la variedad Freedom.</i> .....	62
<b>Figura 35</b> <i>Días transcurridos hasta el corte de los tallos de cada tratamiento en el cultivo Rosa sp. Var. Freedom.</i> .....	64
<b>Figura 36</b> <i>Productividad en tallos/planta/mes del cultivo de Rosa sp. Var. Freedom al aplicar la combinación de dos bioestimulantes.</i> .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características botánicas de las rosas</i> .....	6
<b>Tabla 2</b> <i>Composición química del regulador de crecimiento vegetal</i> .....	13
<b>Tabla 3</b> <i>Composición química del bioactivador natural</i> .....	13
<b>Tabla 4</b> <i>Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas utilizados en la fase experimental de la investigación</i> .....	17
<b>Tabla 5</b> <i>Los componentes y las concentraciones de cada producto utilizado en el estudio</i> ....	18
<b>Tabla 6</b> <i>Descripción de las dosis de cada tratamiento en el cultivo de rosas var. Freedom.</i>	19
<b>Tabla 7</b> <i>Concentración de fitohormonas aportadas por el regulador de crecimiento en los tratamientos</i> .....	19
<b>Tabla 8</b> <i>Concentración de aminoácidos aportados por el bioactivador natural en los tratamientos</i> .....	20
<b>Tabla 9</b> <i>Clasificación del área de postcosecha según la longitud de la rosa en la var. Freedom de la Finca "Flor de Azama"</i> .....	32
<b>Tabla 10</b> <i>Análisis de varianza de la variable longitud de tallo en Rosa sp. de la var. Freedom</i> .....	38
<b>Tabla 11</b> <i>Análisis de varianza de la variable grosor de tallos de la var. Freedom</i> .....	41
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis de varianza de la variable longitud de botón del cultivo de rosas de la var. Freedom</i> .....	43
<b>Tabla 13</b> <i>Análisis de varianza de la variable grosor de botón de la var. Freedom</i> .....	46
<b>Tabla 14</b> <i>Tabla de medias y errores estándares de la variable porcentaje de rosetas</i> .....	51
<b>Tabla 15</b> <i>Análisis de varianza de la variable ciclo fenológico de la var. Freedom</i> .....	52
<b>Tabla 16</b> <i>Resultados obtenidos de la materia fresca (g) de tallos, botones y hojas de los tratamientos evaluados en el cultivo de rosas de la var. Freedom</i> .....	56

<b>Tabla 17</b> <i>Efecto de las dosis de bioestimulantes sobre la acumulación de materia seca en los componentes del tallo floral de la variedad Freedom</i> .....	59
<b>Tabla 18</b> <i>Análisis económico de cada tratamiento aplicado en el cultivo de Rosas sp. de la variedad Freedom</i> .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> <i>Ficha técnica del Bioestimulante 1 utilizado en la investigación en combinación con el Bioestimulante 2</i> .....	86
<b>Anexo 2</b> <i>Ficha técnica del Bioestimulante 2 utilizado en la investigación en combinación con el Bioestimulante 1</i> .....	88

**EFFECTOS DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL CULTIVO DE *Rosa*  
sp. EN COTACACHI -IMBABURA**

Génesis Nayeli Murillo Ruíz

Universidad Técnica del Norte

Correo: [gnmurillor@utn.edu.ec](mailto:gnmurillor@utn.edu.ec)

Cristina Yamilet Chavarría  
Montalvan

Universidad Técnica del Norte

Correo: [cychavarriam@utn.edu.ec](mailto:cychavarriam@utn.edu.ec)

**RESUMEN**

Debido al incremento de la variabilidad térmica y el estrés por temperaturas extremas en las zonas de cultivo, la incidencia de tallos ciegos y rosetas se ha convertido en un desafío importante para la producción florícola. Como alternativa para mitigar este problema, la presente investigación evaluó la aplicación de bioestimulantes foliares orgánicos a base de algas y aminoácidos en el cultivo de rosa (*Rosa sp.*) variedad Freedom. Este experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DBCA) con los tratamientos: un regulador de crecimiento (B1) y un bioactivador natural (B2), aplicados a variaciones de  $\pm 25\%$  respecto a las dosis base ( $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1} \text{ B1} + 0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1} \text{ B2}$ ). Las aplicaciones se realizaron con frecuencias de 8 y 15 días posteriores al pinch. Durante el estudio, se evaluaron variables de mayor relevancia agronómica, priorizando la incidencia de ciegos, la productividad y la acumulación de materia seca. Los resultados evidenciaron que los tratamientos T7 y T8 que compartieron una concentración de kinetina de  $17.25 \text{ mg L}^{-1}$ , pero difirieron en el contenido de N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico con  $27.5 \text{ mg L}^{-1}$  y  $41.25 \text{ mg L}^{-1}$  respectivamente eliminaron la incidencia de tallos ciegos, sin embargo, el tratamiento T8 presentó un desempeño superior en términos de productividad, alcanzando 1.38 tallos/planta/mes y optimizaron la precocidad fenológica reduciendo el ciclo de cultivo de 80 a 75 días frente al manejo convencional. Ambos destacaron por la acumulación de materia seca en tallos en comparación con el testigo; en los tallos se registró un incremento relativo del 166.59% (T7) y 164.67% (T8), mientras que en las hojas la superioridad fue del 82.52% (T7) y 70.90% (T8) respecto al control. El T8 fue económicamente superior con una relación beneficio/costo de 1.64 demostrando que la aplicación de esta dosis ( $1.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de regulador de crecimiento y  $0.75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  del bioactivador natural) podría ser una estrategia más eficiente en producción de rosas.

**Palabras clave:** Variedad Freedom, fitohormonas, estrés abiótico, regulador de crecimiento, fenología.

## EFFECTS OF FOLIAR BIOSTIMULANTS ON THE CULTIVATION OF *Rosa* sp. IN COTACACHI -IMBABURA

Génesis Nayeli Murillo Ruíz

Universidad Técnica del Norte

Correo: [gnmurillor@utn.edu.ec](mailto:gnmurillor@utn.edu.ec)

Cristina Yamilet Chavarria Montalvan

Universidad Técnica del Norte

Correo: [cychavarriam@utn.edu.ec](mailto:cychavarriam@utn.edu.ec)

### ABSTRACT

Due to increased temperature variability and stress caused by extreme temperatures in growing areas, the incidence of blind stems and rosettes has become a major challenge for flower production. As an alternative to mitigate this problem, this study evaluated the application of organic foliar biostimulants based on seaweed and amino acids in the cultivation of the Freedom variety of rose (*Rosa* sp.). This experiment was set up using a completely randomized design (CRD) with the following treatments: a growth regulator (B1) and a natural bioactivator (B2), applied at variations of  $\pm 25\%$  relative to the base doses ( $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  B1 +  $0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  B2). Applications were made at intervals of 8 and 15 days after pinching. During the study, variables of major agronomic relevance were evaluated, prioritizing the incidence of blind shoots, productivity, and dry matter accumulation. The results showed that treatments T7 and T8, which shared a kinetin concentration of  $17.25 \text{ mg L}^{-1}$ , but differed in N-acetyl-thiazolidine-4-carboxylic acid content at  $27.5 \text{ mg L}^{-1}$  and  $41.25 \text{ mg L}^{-1}$  respectively, eliminated the incidence of blind stems; however, treatment T8 performed better in terms of productivity, reaching 1.38 stems/plant/month, and optimized phenological precocity by reducing the growing cycle from 80 to 75 days compared to conventional management. Both treatments stood out for dry matter accumulation in stems compared to the control; stems showed a relative increase of 166.59% (T7) and 164.67% (T8), while leaves showed a relative increase of 82.52% (T7) and 70.90% (T8) compared to the control. T8 was economically superior with a benefit-to-cost ratio of 1.64, demonstrating that the application of this dose ( $1.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  of growth regulator and  $0.75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  of natural bioactivator) could be a more efficient strategy in rose production.

**Keywords:** Variety Freedom, phytohormones, abiotic stress, growth regulator, phenology

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En Ecuador, el cultivo de rosas (*Rosa* sp.) es uno de los más apreciados por el sector florícola y representa el 77 % de las exportaciones nacionales (Expoflores,2023). Esta posición se debe a las condiciones climáticas ideales del país, especialmente a sus 12 horas de luz solar constante, dichas características permiten obtener tallos y botones florales parámetros de calidad comercial adecuadas para la exportación (López, 2021). No obstante, el mercado exige una mayor competencia en los estándares de calidad de la rosa (Sovia, 2024).

En este sentido, Pinanjota (2023) muestra que el rendimiento productivo en las principales zonas florícolas presenta limitaciones significativas, que es causada por el estrés ambiental que experimenta la planta debido a que el estrés ambiental limita el vigor vegetativo, impidiendo que los tallos alcancen un desarrollo reproductivo completo. Como consecuencia, se incrementa la incidencia de tallos ciegos que causan una disminución en el rendimiento anticipado y requieren una remediación técnica que involucra aplicaciones significativas de hormonas y bioestimulantes (Viscaino, 2023).

Los bioestimulantes son el resultado de recursos naturales que contribuyen a una respuesta biológica positiva en la fisiología y el metabolismo de las plantas (Yakhin et al., 2017). A diferencia de los fertilizantes, estas sustancias no aportan nutrientes por sí mismas, sino que optimizan su capacidad de absorción y asimilación de nutrientes (Cardona, 2024). Estos sistemas contribuyen a una gestión más dinámica de los sistemas internos de un cultivo, sirviendo como nuevas soluciones eficientes para gestionar la agricultura que los agricultores esperan cada vez más hoy en día (Chávez et al., 2023, como se citó en Cardona, 2024).

Los bioestimulantes con hormonas, auxinas, giberelinas y citoquininas en combinación con aminoácidos, se utilizan como un complejo sinérgico ya que tienen características distintivas que permiten a las plantas crecer y producir a niveles óptimos de productividad en diferentes etapas (Sovia, 2024). Las fitohormonas pueden regular las respuestas fisiológicas a bajas concentraciones; entre las utilizadas en la agricultura, se identificaron auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico (Marín, 2021).

Tales sustancias facilitan respuestas adaptativas coordinadas que reducen las condiciones de estrés externo que afectan a las plantas (Viscaino, 2023). Se ha demostrado en varios estudios que tales sustancias naturales mejoran la calidad de los cultivos de manera exhaustiva (Anastacio-Ángel et al., 2024; Grijalva, 2018; Masshu et al., 2022; Martínez et al., 2024). En la investigación de Bonilla-Cruz et al. (2022) compararon el efecto de auxinas y giberelinas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), determinando que la aplicación de auxinas al 10 % (p/p) generó el mayor incremento en el crecimiento. De manera similar, Ferrás-Negrín et al. (2024) muestran que la aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de la planta de café (*Coffea arabica* L.) ha logrado mejoras significativas mediante el uso de 2.5 ml de ácido N-acetil tiazolidín 4-carboxílico por litro de agua, se incrementó la altura y el diámetro del tallo hasta en un 18.6 % mientras que la masa seca y el área foliar, también se observaron incrementos del 40.2 % y 13.5 %, respectivamente.

Por consiguiente, el uso de bioestimulantes con componentes como auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido glutámico y fólico contribuye a reducir los tallos ciegos significativamente; al respecto, Pinanjota (2023) reporta una reducción del 13.89 % al 19.55 % en la incidencia de esta anomalía. La bioestimulación tecnificada, según Ascanta y Quishpe (2024), demuestra que la aplicación de estos productos optimiza la economía del agricultor al elevar el rendimiento a 175 tallos por unidad evaluada. Al registrar una utilidad adicional de \$0.17 por cada tallo comercializable mediante la aplicación de Biotransfer ( $2.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ), este incremento en el volumen comercializable se traduce en una viabilidad financiera sólida. En consecuencia, esta técnica permite un desarrollo agrícola sostenible y rentable, manteniendo la conservación del suelo, su fertilidad y la biodiversidad del entorno (Massuh et al., 2022).

## **1.2 Problema de Investigación**

El sector florícola enfrenta desafíos productivos constantes derivados de factores climáticos, los cuales han generado hasta un 60 % de pérdidas en cosechas destinadas al mercado externo; siendo el 50 % correspondiente a la formación de tallos ciegos y rosetas (Chancusig, 2024; Pinanjota, 2023). Estas condiciones inducen estrés biótico y abiótico, lo que los sistemas fisiológicos de las plantas alcancen su potencial de rendimiento óptimo (Yakhin et al., 2017).

Contreras (2017) sostiene que actualmente la fertilización convencional es insuficiente para reducir la aparición de tallos ciegos, incluso en variedades con mayor rusticidad como “Freedom”. Debido a las estrategias de mitigación se limitan al manejo convencional, su uso ineficiente provoca una deficiencia en los óptimos para la planta. Esta carencia deriva en

desequilibrios en la división y diferenciación celular, así como en deficiencias nutricionales crónicas.

Al verse comprometida la homeostasis interna del cultivo, aumenta la vulnerabilidad ante agentes bióticos como plagas y enfermedades. Estos factores, en conjunto con los agentes abióticos, disminuyen drásticamente la productividad (Robalino, 2022). Bajo este contexto, la persistencia de esta problemática ha impulsado la búsqueda de nuevas alternativas más sustentables para la agricultura.

### **1.3 Justificación**

La formación de tallos ciegos derivada del estrés abiótico puede prevenirse mediante la integración progresiva de bioestimulantes compuestos por fitohormonas, aminoácidos, minerales y vitaminas. En la actualidad, el empleo de estos insumos responde a estas necesidades dentro de un marco de agricultura sostenible; por consiguiente, comprender cómo dichos productos favorecen el desarrollo y rendimiento de las rosas permite consolidar estrategias agrícolas ambientalmente responsables (Chancusig, 2024).

El uso de sustancias naturales ricas en auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido fólico y ácido glutámico presenta la ventaja de aumentar el vigor de la planta, optimizar la absorción de nutrientes que refuerza la resistencia ante patógenos, además de mitigar el estrés hídrico y por trasplante (Jordán & Casaretto, 2006). Esta intervención estimula el crecimiento de los tallos florales y evita que se produzca una malformación, favoreciendo así el constante posicionamiento del sector florícola en los mercados internacionales (Ortiz, 2023).

Al evaluar el efecto de un bioestimulante a base de ácido glutámico en las variedades G672 y White O'Hara, Pinanjota (2023) demostró una reducción de 13.89 % y 19.55 % de tallos ciegos, respectivamente; cifra significativa, considerando que el promedio habitual oscila entre el 40-50 % en estas variedades. Este impacto se atribuye a que los bioestimulantes actúan como “acondicionadores de pre-estrés”, mejorando la eficiencia fotosintética y el rendimiento general (Yakhin et al., 2017). Bajo esta premisa, la presente investigación se orientó a evaluar los efectos de los bioestimulantes foliares para disminuir la incidencia de tallos ciegos bajo condiciones climáticas específicas de la Finca Flor de Azama, en el cantón Cotacachi.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Evaluar los efectos de bioestimulantes foliares en el cultivo de *Rosa* sp. en Cotacachi - Imbabura.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Determinar el comportamiento agronómico en el cultivo de rosas con la aplicación de bioestimulantes.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

## **1.5 Hipótesis**

### ***1.5.1 Hipotesis alternativa (H1):***

Al menos uno de los bioestimulantes foliares influyen en los parámetros agronómicos de la variedad Freedom.

### ***1.5.2 Hipotesis nula (H0):***

Los bioestimulantes foliares no influyen en los parámetros agronómicos de la variedad Freedom.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Floricultura en el Ecuador**

La floricultura en el Ecuador se ha consolidado como una de las principales actividades no petroleras del país desde la década de 1980, sobresaliendo especialmente en la producción y exportación de rosas. Dicho desarrollo se concentra principalmente en la Sierra, donde se registra una superficie de 8.7 millones de hectáreas cosechadas en provincias como Pichincha, Cotopaxi e Imbabura; esto obedece a las condiciones geográficas y climáticas favorables que permiten una producción de alta calidad durante todo el año (Sanmartín et al., 2024; Expo flores, 2024).

En lo que respecta a la comercialización internacional, los principales destinos de exportación son Estados Unidos (35 %), Europa (25 %) y Kazajistán (13 %). Según la Corporación Financiera Nacional (2023), durante el periodo 2022-2024 se registraron envíos a 99 países, logrando una participación del 74% y una recaudación de \$733 millones por exportaciones florícolas. En este ámbito, la rosa lidera con un 83 % de la producción y un 80 % en la superficie cosechada a nivel nacional. Ecuador, con estas cifras, es el tercer exportador mundial de flores con una cuota del 10 % en el mercado internacional, representa además una fuente estratégica de divisas y empleo (Poveda, 2021; Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2024).

#### **2.2. Cultivo de Rosa (*Rosa* sp.)**

Según Yong (2004), la rosa es un cultivo ornamental leñoso con hojas compuestas que tiene una floración continua, siendo actualmente una de las especies más reconocidas, cultivadas y solicitadas como flor cortada, gracias a sus numerosos procesos de cruzamiento y selección que han dado lugar al establecimiento de diferentes tipos de rosas de acuerdo con el tamaño, número de flores y al uso que se destinan.

En Ecuador, el cultivo comercial de rosas se sustenta en la emisión constante o periódica de nuevos brotes que rejuvenecen el cultivo. Esto hace que las hectáreas de producción aumenten cada vez más, como el año 2021, que aumentó al 73 % de la extensión cultivada, dando 4 500 hectáreas destinadas a la producción de plantas ornamentales (Ortiz, 2023).

##### **2.2.1 Taxonomía de la Rosa (*Rosa* sp.)**

Las rosas son apreciadas por su belleza, tanto en sus flores como en sus frutos y follaje; su taxonomía se refleja en la siguiente Tabla 1:

**Tabla 1***Características botánicas de las rosas*

<b>Categoría</b>	<b>Taxón</b>
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	<i>Espermatofitos</i>
<b>Subdivisión</b>	<i>Angiospermas</i>
<b>Clase</b>	<i>Dicotiledóneas</i>
<b>Orden</b>	<i>Rosales</i>
<b>Familia</b>	<i>Rosáceas</i>
<b>Tribu</b>	<i>Roseas</i>
<b>Género</b>	<i>Rosa</i>
<b>Especie</b>	sp.

*Fuente: Yong (2024).*

### **2.2.2 Variedad Freedom**

Según Grijalva (2018), las características que se diferencian de una variedad a otra incluyen el color del botón floral, la longitud y el calibre de los tallos; ya que estas características son propias de cada variedad y se mantienen durante la reproducción asexual o por injertos, en este sentido, la obtención de nuevas variedades en las fincas florícolas se ha basado históricamente en el avance de la tecnología y la hibridación. Bajo este rigor selectivo, de todas las plantas evaluadas anualmente, solo dos o tres son seleccionadas tras siete u ocho años de estudio para ser finalmente lanzadas al mercado (Rosero, 2018).

**2.2.2.2 Características de la rosa variedad Freedom.** En la actualidad, la variedad de rosa más cultivada y comercializada es la rosa roja de tipo Freedom, la cual fue introducida en 2004 por la empresa Rosen Tantau. Esta variedad de rosa cortada clásica de Sudamérica se recomienda para condiciones frescas de altura, por su adaptabilidad y resistencias (Figura 1). Consta de botones gruesos cuando hay presencia de intensidad de luz, por lo que el tamaño de su flor es de 0.5 a 0.65 cm y su longitud promedio del tallo de 70–90 cm (Zacarias, 2018). Según Rodríguez y Flórez (2006), la variedad Freedom cuenta con un ciclo de 75 a 81 días, pero alcanza una productividad del 1.2 tallo/planta/mes y en vida en florero tiene una larga vida de 10–12 días.

## Figura 1

*Rosa de la var. Freedom.*



### 2.2.3 Fenología de la rosa (*Rosa* sp.)

Según Rodríguez (2022), la fenología de la rosa consta de dos fases, una es la fase vegetativa y la otra es la fase reproductiva.

**2.2.3.1 Fases fenológicas vegetativa del rosal.** La fase fenológica vegetativa se clasifica, según Rodríguez (2022), de la siguiente manera:

**a) Yema brotada o activa:** Es el brote joven que aparece luego de tres días de haberse activado (Figura 2).

## Figura 2

*Brote de una yema a los siete días después del pinch de la var. Freedom.*



**b) Hoja verdadera de dos a tres folíolos:** Es la hoja que sale luego de 2 a 3 días del brote de yema. La cual se considera hoja verdadera al momento que los tres folíolos estén bien abiertos y la yema conste de 20 cm (Figura 3).

### Figura 3

*Hoja verdadera de la yema brotada a los 26 días luego del pinch de la var. Freedom.*



c) **Estado espiga:** Es el estado intermedio de crecimiento donde ya se observa más hojas de forma de banderas entreabierta y cerradas (Figura 4).

### Figura 4

*Tallo en estado espiga a los 31 días luego del pinch de la var. Freedom.*



**2.2.3.2 Fase productiva del rosal.** Esta fase se divide en 6 puntos (Figura 5), los cuales cada uno dura ocho días en estar completa (Rodríguez, 2022).

a) **Punto Arroz:** Esta es la primera fase de producción, donde aparece un botón con un diámetro aproximado de 0.4 cm.

b) **Punto Arveja:** Se diferencia de la primera en el diámetro de botón que puede ser desde 0.5 a 0.7 cm aproximadamente.

c) **Punto Garbanzo:** Es la tercera fase de producción con una diferencia de diámetro aproximado de 0.8 a 1.2 cm de botón floral.

d) **Punto Rayando color:** En esta fase el botón se empieza a observar el color de la variedad que se injerto, ya que comienza a abrir los sépalos.

e) **Punto soltando sépalo o trompo:** En esta fase se observa los sépalos más abiertos y los pétalos con apariencia de trompo aun cerrados.

f) **Punto de corte:** Última fase los sépalos están completamente abiertos y sus dos pétalos del centro ya tienen forma de caracol.

### Figura 5

*Fenología de la var. Freedom tomada en la fase experimental de la investigación.*



### 2.4 Requerimientos edafoclimáticos y fisiológicos del cultivo de *Rosa* sp.

Los requerimientos fisiológicos y los requerimientos edafoclimáticos del cultivo se complementan entre sí para lograr un mejor desarrollo de la planta. Según Ramos (2024), tener un manejo adecuado del cultivo de rosas es fundamental, ya que evita que aparezcan anomalías cuando las plantas sufren estrés. Para el desarrollo del rosal y para que mantenga una producción normal, requiere de 6 a 8 horas de luz diaria.

Las temperaturas del aire óptimas se encuentran entre 20 y 26 °C durante el día y de 15 a 17 °C durante la noche, pero si supera los 30 °C o baja de -1 °C, pueden ocurrir alteraciones fisiológicas o puede entrar en un periodo de dormancia (Quiroz, 2015). Por otro lado, las plantas de rosa requieren valores de humedad relativa entre 70 y 80% para su adecuado crecimiento, porque si hay una humedad relativa menor del 70%, se pueden llegar a producir flores pequeñas, tallos cortos, menor producción, deformaciones de los botones, hojas poco desarrolladas y caída de hojas temprana.

El cultivo también necesita una concentración de dióxido de carbono en el aire cercana a 1200 ppm y suelos de textura franca, con una profundidad mínima de 40 cm, pH entre 5.5 y 6.5. Un adecuado drenaje, aireación del suelo (10-21 %) y con conductividad eléctrica inferior a 0.9 mS/cm. El balance entre actividad microbiana, macro y micronutrientes también se considera relevante, ya que permite la regulación de la comunidad bacteriana y la aireación del suelo. (Yanchapaxi et al., 2010).

La nutrición adecuada de un cultivo también es un requerimiento fundamental, por el hecho de que se encarga del estado del cultivo, suelo y agua, por el hecho de que la rosa forma su propia energía gracias a la fotosíntesis, consumiéndose por medio de la respiración. Mediante el xilema, las plantas absorben de forma ascendente agua, sales y sustancias inorgánicas, las mismas que descienden por el floema. Los nutrientes esenciales en la rosa son 16 elementos (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn); cada uno interviene en la conformación de la materia celular o como activador de reacciones metabólicas. (Yanchapaxi et al., 2010).

Por lo tanto, la cantidad de agua de riego y la frecuencia dependen mucho de estos aspectos, ya que el agua es el 90 % responsable de la producción y calidad de la cosecha (Ramos, 2024). Según las necesidades del cultivo, en un riego por goteo se sugiere una lámina de 3.5 mm/día hasta 7 mm/día en todo el ciclo de la planta. De esta manera se consigue un mejor aprovechamiento del recurso hídrico por parte de las plantas (Ortiz, 2023).

## **2.5 Manejo del cultivo de *Rosa sp.***

El manejo del cultivo comprende un conjunto de parámetros agronómicos para garantizar un crecimiento óptimo y una producción eficiente de alta calidad. Según Sovia (2024) y Pinanjota (2023), las labores culturales sirven para mejorar el crecimiento y el rendimiento del cultivo; estas constan de pinch, desyemes, descabece, podas, control de malezas, riego, fertilización y sanidad.

El adecuado manejo de cortinas es indispensable para el desarrollo y crecimiento de las rosas, por lo que, según Viscaino (2023), recomienda que, durante horas frías de la mañana, permanezcan cerradas las cortinas del invernadero. Pero cuando el clima está soleado, es conveniente tener abiertas las cortinas con la finalidad de ventilar la zona del cultivo para evitar condiciones aptas para plagas y enfermedades.

Por consiguiente, la cosecha de las rosas se realiza de acuerdo con la demanda del mercado. El sitio de corte debe realizarse por encima de una yema para incentivar el desarrollo de una nueva

rosa, además de orientar la yema a dónde salir para que obtenga la luz adecuada. Las exigencias del mercado se basan generalmente en punto de corte requerido, libre de plagas y enfermedades, tallos rectos, longitud mayor a 40 cm, tallo grueso, botones intactos y tallos sin yemas laterales (Viscaino, 2023).

## **2.6 Uso de bioestimulantes en la floricultura**

Según Massuh et al. (2022), el uso de bioestimulantes es uno de los insumos más valiosos que se utilizan en la agricultura orgánica o ecológica, ya que es una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola ecológicamente sustentable. Permiten una producción a bajo costo, no contaminan el ambiente y mantienen la conversión del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad.

### **2.6.1 Bioestimulantes**

Los bioestimulantes son compuestos orgánicos obtenidos de forma natural y artificial, los cuales surgen para mejorar la productividad y calidad de los productos en los sistemas agrícolas bajo condiciones de estrés abiótico y biótico cada vez más frecuentes. Estos son capaces de inducir la bioestimulación celular para modificaciones del programa de desarrollo de los órganos expuestos (Anastacio-Ángel et al., 2024).

**2.6.1.1 Principales compuestos.** Los bioestimulantes están compuestos a base de hormonas vegetales o bien de extractos de algas marinas, aminoácidos, enzimas o vitaminas (tiamina, ácido húmico, etc.). Por lo que existen más de ocho categorías distintas, pero los principales compuestos siempre se basan en auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico. Estas han reportado más impactos en el desarrollo de los cultivos que los demás compuestos (Sovia, 2024). A continuación, se describen los principales más utilizados:

- **Auxinas:** Las auxinas tienen funciones en la división y expansión celular para facilitar el crecimiento de las plantas (Bonilla-Cruz et al., 2022). Las auxinas tienen dos formas de entrar a la planta:
  1. **Ácido indolacético (IAA):** Este promueve el crecimiento, elongación celular, floración y maduración de las plantas (Chancusig, 2024).
  2. **Ácido indol-butírico (AIB):** Es conocida como una auxina sintética que deriva de una auxina, la cual desempeña diversos aspectos en el desarrollo radicular de las plantas, incluyendo regulación del tamaño del meristemo apical, la elongación de pelos

radiculares, el desarrollo radicular lateral y la formación de raíces adventicias (Frick & Strader, 2017).

- **Citoquininas:** Las citoquininas retrasan el envejecimiento de las células vegetales, regeneran tejidos vegetales, finalizan el estado de latencia de las yemas laterales y promueven la fructificación, ya que están presentes en los meristemos de las raíces. En los bioestimulantes, la citoquinina más utilizada es la kinetina, la cual retrasa la senescencia al afectar procesos de síntesis del etileno en el tejido floral (Abou-El-Ghait et al., 2018).
- **Giberelinas:** Son una familia de hormonas vegetales que, mediante la división celular en las zonas apicales, controlan aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas. La giberelina más utilizada para bioestimulantes es el ácido giberélico (AG-3), que se utiliza para aumentar la longitud o altura, ya que está ubicado en el ápice de la planta (Abou-El-Ghait et al., 2018).

**2.6.1.2 Otros compuestos bioactivos presentes en los bioestimulantes.** Los compuestos utilizados para componer un bioestimulante, además de los principales compuestos, son:

- **Ácido fólico (folatos):** Son vitaminas B9 solubles para la síntesis de ácidos nucleicos, el metabolismo del nitrógeno y la división celular. En los bioestimulantes se emplea como cofactor metabólico, ya que, además de contribuir con el crecimiento, los folatos mitigan el estrés, puesto que contribuyen a la producción de NADPH y al equilibrio redox (Farquharson, 2017).
- **Ácido glutámico (Glu):** Son aminoácidos que tienen la función de formar tejidos y síntesis de clorofila, lo que aumenta la cantidad de azúcares formados en la fotosíntesis (Pinnanajota, 2023).
- **N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico (AATC):** Según la ficha técnica del bioestimulante Agrocysteína (Anexo 2), el AAT es un derivado del aminoácido L-cisteína, que ayuda a mejorar las actividades enzimáticas como la respiración, transpiración y fotosíntesis. Por lo que el AAT ayuda a mejorar el crecimiento vegetativo de las plantas, ya que protege las membranas y las proteínas contra el estrés ambiental.

**2.6.1.3 Modo de Acción de los bioestimulantes.** La función que tienen los bioestimulantes es facilitar y mejorar la asimilación de nutrientes, además de optimizar las expresiones

metabólicas y fisiológicas. Potencian el equilibrio hormonal, simplifican las síntesis y estimulan la defensa natural de las plantas antes, durante y después del ataque de agentes patógenos. Por tal razón, esto potencializa la acción de los fertilizantes, disminuyendo así cualquier limitación de crecimiento y rendimiento (López, 2021).

**2.6.1.4 Tipos de bioestimulantes.** Los bioestimulantes que se utilizaron en este ensayo se detallan en base a las fichas técnicas dadas por la empresa:

- **Siagroking Z®:** Es un regulador de crecimiento vegetal (trihormonal), formulado en base a extracto de algas, que contiene aminoácidos, macro y micronutrientes (Tabla 2). Para así favorecer los diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas, así como la división y elongación celular. Por tanto, induce la floración, produce un mayor número de flores y cantidad de frutos por planta. Este producto se recomienda aplicar a una dosis de  $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  en cultivo de rosas (Anexo 1).

**Tabla 2**

*Composición química del regulador de crecimiento vegetal*

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad</b>
Citoquininas (Kinetina)	1.38% p/v
Auxinas (Ácido Indobultírico)	0.617% p/v
Giberelinas AG-3	0.013% p/v

- **Agrocysteína®:** Es un bioactivador natural que está diseñado para superar las condiciones de estrés abiótico causadas por la sequía, el calor extremo, la radiación UV, el estrés salino y la fitotoxicidad por herbicidas, ayudando a obtener un cultivo saludable, una actividad metabólica equilibrada y eficiente, especialmente en las etapas fenológicas críticas como es la floración. Al no ser tóxico, puede aplicarse con absoluta seguridad en todos los cultivos, incluyendo los de exportación. Según la ficha técnica de la empresa de SIAGROS (Anexo 2), indica que la dosis recomendada es  $0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  en cultivo de rosas.

**Tabla 3**

*Composición química del bioactivador natural*

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad</b>
N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico AATC	5.50%p/v
Ácido Fólico	2.00%p/v
Ácido glutámico	2.50%p/v

## 2.7 Marco legal

Este estudio está estratégicamente alineado con la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y el Plan Nacional de Ecuador, "No se detiene 2025-2029". Coincide con el **ODS 2 (Hambre Cero)** principalmente mediante el uso de bioestimulantes foliares que también contienen aminoácidos y extracto de algas marinas, pero apoyan tanto la productividad del suelo como la calidad de los cultivos, lo que ayuda a adaptar el cultivo al cambio climático sin hacer uso de fertilizantes sintéticos. Este vínculo se relaciona con el eje de **Desarrollo Económico y Productivo** del Plan Nacional que busca la modernización del sector agrícola para cumplir con su capacidad de recuperación productiva.

La investigación asegura la rentabilidad del sector florícola y por lo tanto el rendimiento en términos de calidad de exportación en Imbabura a través de sus soluciones a problemas fisiológicos como tallos ciegos y rosetas. Esto se alinea con el **ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico)** y el objetivo nacional de **Promover Exportaciones**, preservar empleos en el país y fortalecer la dolarización.

Por último, este proyecto se relaciona con el **ODS 12 (Producción y Consumo Responsables)** ya que está mejorando la absorción de nutrientes, lo que permitiría una menor carga química y una gestión responsable a nivel agronómico. Esto se correlaciona con el eje de **Sostenibilidad Ambiental** del gobierno nacional, fomentando la economía circular y promoviendo la reducción del impacto de las industrias nacionales.

Este estudio también es consistente con las leyes ecuatorianas. El **artículo 281** de la Constitución de la República (2008), por ejemplo, promueve la soberanía alimentaria mediante prácticas sostenibles y el uso responsable de insumos. El **artículo 284** asegura la ciencia y la productividad en contraste con el **artículo 397**, que establece las obligaciones del Estado para prevenir y controlar el daño ambiental.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

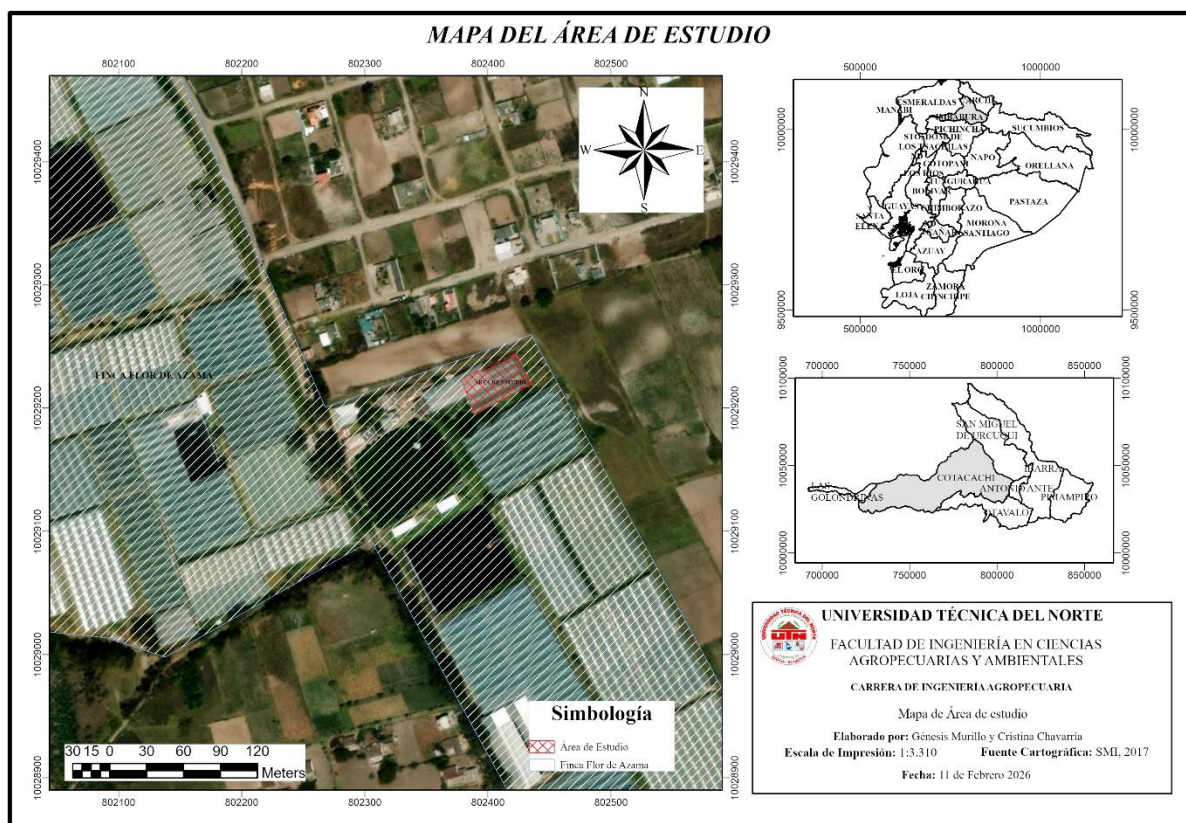
#### **3.1 Descripción del área de estudio**

La presente investigación se realizó en la florícola “Flor de Azama”, de 28 hectáreas, ubicada en la vía Azama, en la parroquia de Quiroga, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. La misma se encuentra ubicada a 2 575 msnm, con una latitud de 0°15’51” N y una longitud de

78°17'14" W. Las condiciones climáticas del sitio registran una temperatura máxima de 20 °C, una media de 11 °C y una mínima de 8 °C. El sector presenta una precipitación de 322 mm y una humedad relativa del 93 %. En la Figura 6 se muestra el mapa georreferencial del lugar de la investigación.

**Figura 6**

*Mapa base de la ubicación de la investigación en la Finca "Flor de Azama".*



### 3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales utilizados en la presente investigación, tanto en la fase de campo como en los laboratorios luego de la cosecha, se describen en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Materiales, Equipos, Insumos y Herramientas utilizados en la fase experimental de la investigación*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Insumos</b>	<b>Herramientas</b>
Etiquetas (1200 etiquetas).	Balanza analítica (marca BIOBASE, modelo BA2204C)	Bioestimulantes: (B1: 2592 ml, B2: 1296 ml, Cit: 480 ml)	Calibrador (marca TRUPER, manual)
Letreros membretados (40 letreros).	Termohigrómetro (Sensores realizados)	Tallos vegetativos (1200 tallos evaluados y 80 tallos para M.S, M.F y A.F)	Flexómetro (marca STANLEY, longitud de 5m)
Fundas de papel (80 fundas)	Medidor de Área foliar (marca LI-COR, modelo LI-3100C)		Tijera de podar (marca FELCO)
Bomba de fumigación (a motor)	Horno convencional a gas (marca Hermanos Vaca)		

### 3.3 Métodos

La presente investigación fue de carácter experimental y tuvo como finalidad evaluar el efecto de diferentes dosis y combinaciones de dos tipos de bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de rosa (*Rosa* sp.), variedad Freedom. Para el registro de las variables en la fase de campo, se realizó un monitoreo manual con una frecuencia bisemanal durante nueve semanas. De la misma manera, las variables postcosecha se determinaron mediante instrumentación especializada, con una precocidad de cuatro días durante tres semanas consecutivas.

#### 3.3.1 Factor en estudio

En esta investigación se evaluaron las combinaciones de dos bioestimulantes, cada uno bajo tres niveles de dosificación. El bioestimulante 1 (Kinetina 1.38% p/v) se aplicó en concentraciones de 1.25 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>, 1 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> y 0.75 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>; cabe precisar que la dosis de 1 cm<sup>3</sup>

L<sup>-1</sup> corresponde a la recomendación técnica (Anexo 1), mientras que los niveles restantes se establecieron mediante el incremento y disminución del 25 %, respectivamente.

Por su parte, el bioestimulante 2 (N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico 5.50% p/v) se suministró en dosis de 0.75 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>, 0.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> y 0.25 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>, siguiendo el mismo criterio de variación porcentual respecto a la dosis comercial de 0.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> (Anexo 2). En consecuencia, cada interacción resultante constituyó un tratamiento independiente. Adicionalmente, se incluyó un tratamiento testigo representativo del manejo convencional de la finca, consistente en citoquinina a una dosis 10 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>.

**Tabla 5**

*Los componentes y las concentraciones de cada producto utilizado en el estudio*

<b>Componentes del Regulador de crecimiento (B1)</b>	<b>Cantidad</b>
Citoquininas (Kinetina)	1.38% p/v
Auxinas (Ácido Indobultírico)	0.617% p/v
Giberelinas AG-3	0.013% p/v
<b>Componentes del Bioactivador natural (B2)</b>	<b>Cantidad</b>
N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico (AATC)	5.50%p/v
Ácido Fólico	2.00%p/v
<b>Componente del Testigo</b>	<b>Cantidad</b>
Citoquinina natural	0.04% p/v

### **3.3.2 Tratamientos**

El diseño experimental consistió en nueve tratamientos derivados de la combinación de las dosis de los factores en estudio, a los cuales se adicionó un tratamiento testigo correspondiente al manejo convencional de la finca (Tabla 6).

**Tabla 6***Descripción de las dosis de cada tratamiento en el cultivo de rosas var. Freedom*

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Dosis</b>
T1	dA1dB2	1 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.5 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T2	dA1dB3	1 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.75 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T3	dA1dB1	1 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.25 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T4	dA1dB2	0.75 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.5 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T5	dA1dB3	0.75 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.75 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T6	dA1dB1	0.75 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.25 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T7	dA1dB2	1.25 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.5 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T8	dA1dB3	1.25 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.75 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T9	dA1dB1	1.25 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> + 0.25 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup>
T0	Testigo	10 cm <sup>3</sup> L <sup>-1</sup> Citoquinina

**3.3.3 Concentración de ingredientes activos por tratamiento**

Para garantizar la precisión técnica del ensayo y facilitar la discusión fisiológica de los resultados, en la Tabla 7 y 8 se detallan las concentraciones finales de los ingredientes activos expresados en miligramos por litro (mg/L) aportados por cada tratamiento, calculadas a partir de la composición porcentual de los productos comerciales y las dosis aplicadas en campo.

**Tabla 7***Concentración de fitohormonas aportadas por el regulador de crecimiento en los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis/L (ml)</b>	<b>KIN (mg/L)</b>	<b>AIB (mg/L)</b>	<b>AG-3 (mg/L)</b>
T1	1	13.8	6.17	0.13
T2	1	13.8	6.17	0.13
T3	1	13.8	6.17	0.13
T4	0.75	10.35	4.63	0.10
T5	0.75	10.35	4.63	0.10

T6	0.75	10.35	4.63	0.10
T7	1.25	17.25	7.71	0.16
T8	1.25	17.25	7.71	0.16
T9	1.25	17.25	7.71	0.16

*Nota.* KIN: kinetina; AIB: ácido indolbutírico; AG-3: giberelinas.

### **Tabla 8**

*Concentración de aminoácidos aportados por el bioactivador natural en los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis/L (ml)</b>	<b>AATC (mg/L)</b>	<b>AF (mg/L)</b>	<b>Glu (mg/L)</b>
T1	0.5	27.5	10	12.5
T2	0.75	41.25	15	18.75
T3	0.25	13.75	5	6.25
T4	0.5	27.5	10	12.5
T5	0.75	41.25	15	18.75
T6	0.25	13.75	5	6.25
T7	0.5	27.5	10	12.5
T8	0.75	41.25	15	18.75
T9	0.25	13.75	5	6.25

*Nota.* AATC: N-acetil-tiazolidín-4-carboxílico; AF: ácido fólico; Glu: ácido glutámico.

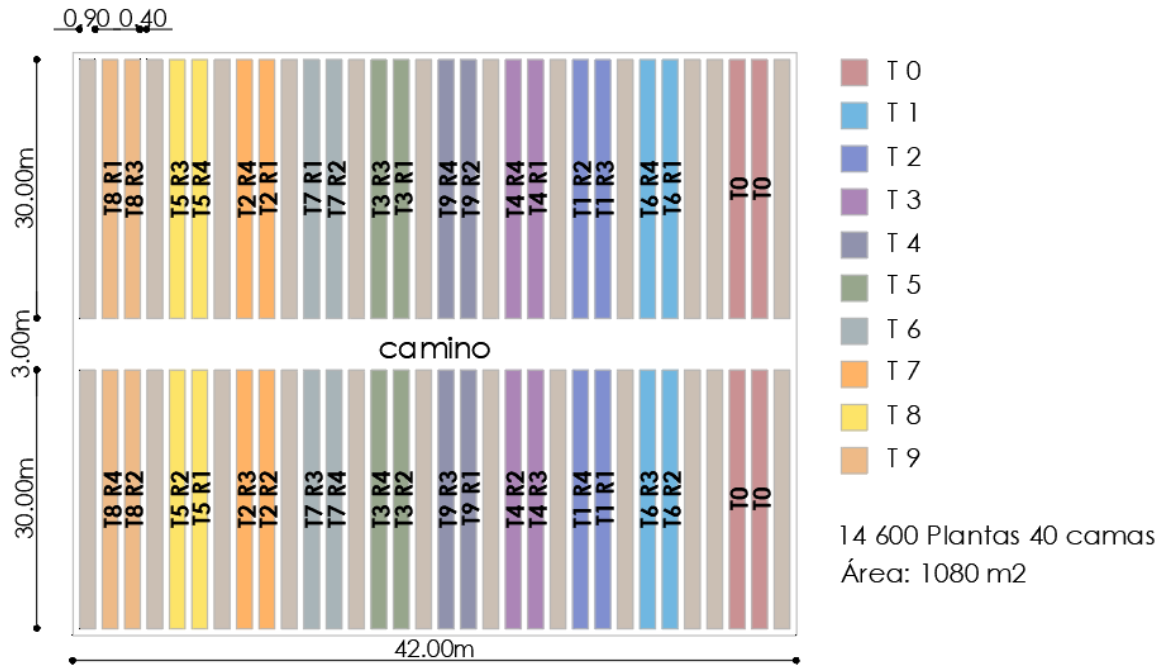
### **3.3.3 Diseño experimental**

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial 3 x 3 más el testigo (Figura 7), teniendo así un total de 10 tratamientos para evaluar el efecto de los bioestimulantes. Para esto se destinaron 4 camas como repeticiones en cada tratamiento, lo que llevó a evaluar 120 tallos en total.

**Figura 7**

*Distribución de los tratamientos con sus repeticiones dentro del área de estudio.*

Diseño completamente al azar



*Nota:* Las camas etiquetadas constan del nombre de cada tratamiento que la identifica (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9). Camas color gris, corresponde a las camas de Freedom, que fueron usadas como efecto borde entre cada tratamiento, T0= testigo absoluto (manejo de la empresa florícola de apoyo).

### 3.3.4 Características del experimento

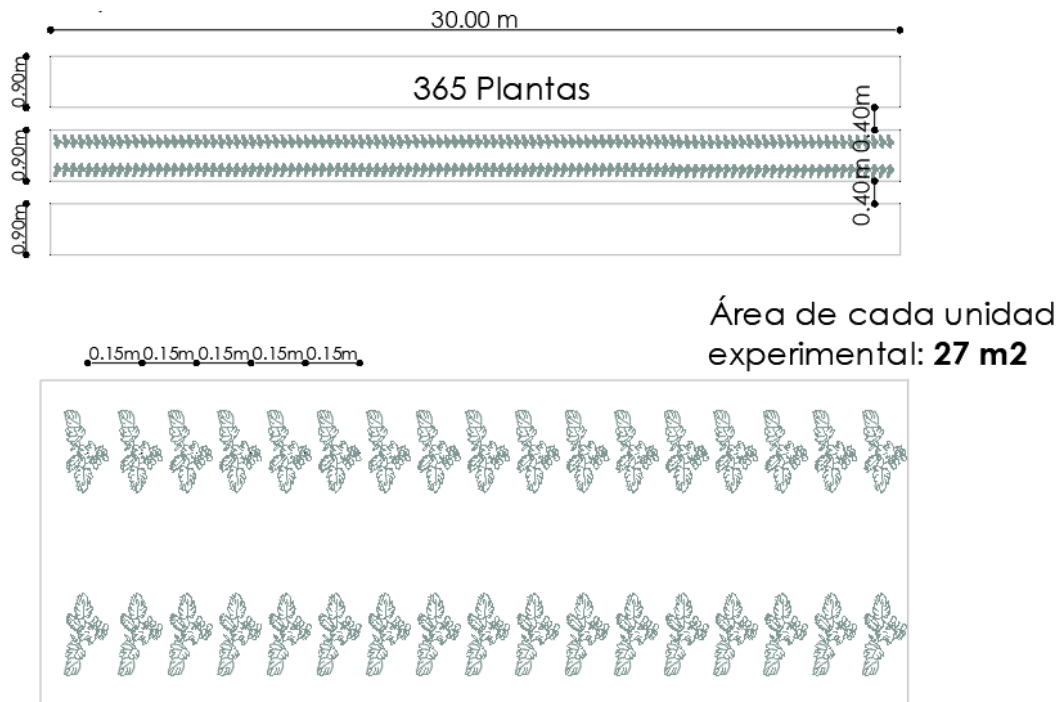
El área total destinada al experimento fue de 1 080 m<sup>2</sup>, lo que comprendió la evaluación de los nueve tratamientos en estudio más el tratamiento testigo, estructurado con 4 repeticiones cada uno.

### 3.3.5 Características de la unidad experimental

El experimento se estableció en un bloque de 72 camas de producción donde cada cama constó de 30 m de largo y 0.90 m de ancho, de las cuales se ocuparon 64 camas; 40 camas como unidades experimentales y 24 camas para mitigar el efecto borde (una cama efecto borde entre cada tratamiento y dos en el testigo). En la Figura 8 se muestra las características de cada unidad experimental presente en el proyecto de investigación.

## Figura 8

Esquema de la unidad experimental dentro del bloque utilizado.



### 3.3.6 Análisis estadístico

Para el procesamiento de datos se empleó el software estadístico InfoStat (versión 2020). Se realizó un análisis de varianza (ADEVA) Tras la detección de diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de LSD Fisher ( $p < 0.05$ ) para las variables de longitud y grosor de tallo y botón floral, materia fresca y seca, área foliar, productividad, ciclo fenológico y días a la cosecha que cumplieron con los supuestos de normalidad. En el caso específico de las variables porcentaje de ciegos y rosetas, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis debido a su naturaleza no paramétrica.

### 3.4 Variables evaluadas

Con el propósito de determinar los efectos de los tratamientos aplicados en esta investigación, se evaluaron las siguientes variables siguiendo metodologías estandarizadas y protocolos establecidos en estudios previos:

#### 3.4.1 Porcentaje de brotación de yemas florales (%)

Para medir el porcentaje de brotación de yemas florales, se seleccionaron y monitorearon 30 yemas en estado activo por unidad experimental. Dicho seguimiento se realizó desde el quinto día después del pinch (Figura 9), hasta los 21 días, periodo en el cual se completó la fase de

desarrollo del brote al 100%. En este sentido, el cálculo por tratamiento se obtuvo mediante la relación entre el número de yemas que alcanzaron la brotación total y el número inicial de yemas evaluadas (Ecuación 1). Este procedimiento se replicó en cada tratamiento con sus respectivas unidades experimentales, siguiendo la metodología propuesta por Cadena (2025).

$$(1) \quad \% \text{Brotación} = \left( \frac{\text{Yemas brotadas}}{\text{Total de yemas monitoreadas}} \right) \times 100$$

### **Figura 9**

*Brote de yema floral al quinto día luego de iniciado el pinch.*



#### **3.4.2 Longitud del tallo (cm)**

Para la determinación de la longitud del tallo, se seleccionaron 30 tallos por unidad experimental (correspondiente a una superficie de 27 m<sup>2</sup>), de los cuales, se estandarizó una muestra de 15 tallos para el análisis estadístico, evitando así sesgos por tallos perdidos por daño mecánico. Las mediciones se realizaron con una frecuencia de dos días cada semana utilizando un flexómetro (cm), registrando la dimensión desde la base del tallo hasta la inserción del pedúnculo floral, tal como se ilustra en la Figura 10. Dicho seguimiento comprendió el intervalo desde el inicio del estado fenológico “arroz” hasta el punto de corte comercial (Grijalva, 2018).

### **Figura 10**

*Medición de la longitud del tallo en fenología arroz.*



### ***3.4.3 Grosor del tallo (mm)***

Para la medición de grosor del tallo, el registro de datos se efectuó en la sección central con un calibrador pie de rey (Figura 11). Se siguió el mismo criterio de estandarización de muestra (15 unidades) descrito en la sección anterior. Se realizó un monitoreo dos veces cada semana de su desarrollo en milímetros (mm), desde el estado fenológico de arroz hasta la etapa de cosecha (Zacarias, 2018).

#### **Figura 11**

*Medición del grosor de tallo en fenología arroz.*



### ***3.4.4 Longitud del botón floral (cm)***

La longitud del botón floral se siguió el mismo criterio de estandarización de muestra (15 unidades) descrito en la sección anterior. El procedimiento consistió en medir desde la base del botón hasta el ápice de la corola en centímetros (Figura 12). Este registro se realizó con la misma frecuencia detallada anteriormente, abarcando desde el estadio fenológico “arroz” hasta el punto de corte (Grijalva, 2018).

#### **Figura 12**

*Medición de la longitud del botón floral en fenología arroz.*



### ***3.4.5 Grosor del botón floral (mm)***

El grosor del botón floral se siguió el mismo criterio de estandarización de muestra (15 unidades) descrito en la sección anterior. Para ello, se empleó un calibrador pie de rey, registrando el diámetro en mm en la parte media del botón floral (Figura 13). Dichas mediciones se realizaron con una periodicidad bisemanal (dos veces por semana) desde la aparición del botón hasta su cosecha, conforme a la metodología Zacarias (2018).

### **Figura 13**

*Medición del grosor del botón floral en fenología arveja.*



### ***3.4.6 Productividad (tallos/planta/mes)***

Para la determinación de la productividad, se delimitó un área de 1 m<sup>2</sup> dentro de cada unidad experimental, procediendo al conteo de tallos productivos. Esta metodología permitió obtener un índice representativo expresado en la relación tallos/planta/mes. (Zacarias, 2018).

### ***3.4.7 Porcentaje de ciegos y rosetas (%)***

Se etiquetaron 30 tallos por unidad experimental, se determinó mediante la ecuación 2 la productividad efectiva mediante la diferencia entre el total de tallos florales cosechados y el número de tallos con presencia de ceguera registrados durante el ensayo (Figura 14). A partir de estos datos, se procedió a realizar el análisis de varianza (ADEVA) para el porcentaje de tallos ciegos y rosetas correspondiente a cada tratamiento (Carua, 2009).

$$(2) \quad \% \text{Ciegos} = \left( \frac{\text{Número de tallos ciegos registrados}}{\text{Número total de tallos evaluados por tratamiento}} \right) \times 100$$

## **Figura 14**

*Presencia de mal formación de tallo vegetativo (roseta) durante la fenología de hojas verdaderas.*



### **3.4.8 Ciclo Fenológico (días)**

Para la evaluación de esta variable se estableció un monitoreo con una frecuencia bisemanal en los tallos seleccionados de cada unidad experimental, con el objetivo de registrar la transición entre los diferentes estadios fenológicos (Jiménez, 2019).

### **3.4.9 Materia Fresca (g)**

Al concluir el ensayo, se recolectaron dos tallos por unidad experimental para su procesamiento en el Laboratorio de semillas de la Granja Experimental “La Pradera”. Cada espécimen se fracciona en hojas, botones florales y tallos, depositando los órganos vegetales en bolsas de papel debidamente codificadas. Posteriormente, se determinó la masa fresca de cada muestra mediante una balanza analítica (0.001 g, modelo BPS-41) (Figura 15), con el objetivo de someter el material a un proceso de deshidratación para la obtención de la materia seca (MS) mediante el método gravimétrico (Vaca, 2022).

## Figura 15

*Medición del peso fresco de los órganos de la rosa.*

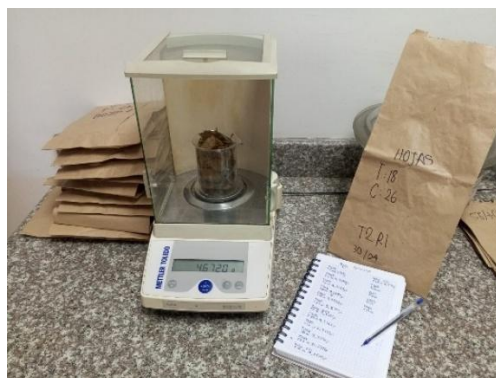


### 3.4.10 Materia Seca (g)

Con el propósito de determinar la materia seca (MS), las fracciones de biomasa fresca previamente pesadas se dispusieron en bandejas para su deshidratación en una estufa de secado. El material vegetal se sometió a una temperatura de 70°C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante. Esta fase analítica se desarrolló en el Laboratorio de fisiología de la Granja Experimental “La Pradera”. Los registros finales se expresaron en gramos (g), empleando para el pesaje una balanza analítica (modelo BA2204C) en el Laboratorio de Microbiología (Figura 16) (Montalvo, 2020).

## Figura 16

*Medición del peso seco de las hojas de un tratamiento.*



### ***3.4.11 Área foliar (cm<sup>2</sup>)***

El área foliar se realizó mediante un medidor electrónico de alta precisión (LI-3100C – medidor de área foliar de Laboratorio). El equipo opera mediante sensores ópticos que escanean la superficie foliar y un software especializado que calcula automáticamente el área en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>). Para este proceso, se seleccionaron cinco tallos por unidad experimental tras la cosecha, los cuales fueron trasladados al laboratorio de la Granja Experimental “La Pradera”. Siguiendo los protocolos de Astegiano y Bouzo (2001), citados por Vaca (2022), las hojas fueron previamente limpiadas y dispuestas de forma individual sobre la superficie de escaneo para evitar solapamientos y garantizar la precisión del análisis (Figura 17). Finalmente, se obtuvo el promedio por tratamiento a partir de los datos procesados (Vaca, 2022).

#### **Figura 17**

*Medición del área foliar mediante el equipo LI-3100C.*



### ***3.4.12 Días a la cosecha (días)***

La variable días a la cosecha se determinó mediante el seguimiento cronológico de 30 tallos seleccionados por unidad experimental. El registro abarcó el intervalo de tiempo transcurrido desde la ejecución del pinch hasta el momento en que cada tallo alcanzó los índices de madurez requisitos para el corte. La información se consolidó mediante la contabilización de los días totales de desarrollo para cada individuo evaluado (Grijalva, 2018).

### ***3.4.13 Análisis Económico (Costo-Beneficio)***

Para la evaluación económica del estudio, se calculó el costo unitario de producción expresado en dólares (USD). Este análisis se centró en la comparación de los costos operativos del tratamiento testigo frente a los costos derivados de la implementación de los diversos

tratamientos experimentales. Dicha comparativa permitió establecer la viabilidad financiera y la eficiencia de los recursos aplicados en el ensayo, bajo los criterios de Quiroz (2015).

### **3.5 Manejo específico del experimento**

#### **3.5.1 Factores a tomar en cuenta.**

Uno de los factores determinantes en este estudio fue el monitoreo de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), parámetro que permitió evaluar la eficiencia metabólica del cultivo en la asimilación de los tratamientos. El registro térmico fue fundamental para identificar posibles eventos de estrés que pudieran inducir fotorrespiración y afectar el desarrollo de los tallos (Katsoulas & Stanghellini, 2019). Paralelamente, se registró la humedad relativa (%) como indicador de la receptividad foliar. Este factor asegura la hidratación de la cutícula y la apertura estomática, evitando que condiciones de baja humedad ( $<50\%$ ) provoquen el cierre estomático e impidan la penetración efectiva de los bioestimulantes (Fernández & Brown, 2013).

Para ello, se instaló un termohigrómetro digital en el centro del invernadero a una altura de 2.5 m, el cual registró datos con una frecuencia horaria desde la ejecución del pinch hasta la cosecha final (Figura 18). La información recopilada fue procesada mediante un software estadístico (InfoStat versión 2020) para determinar las fluctuaciones de las medias, mínimas y máximas absolutas, permitiendo así analizar la influencia de estos parámetros meteorológicos sobre la respuesta agronómica de cada tratamiento.

#### **Figura 18**

*Instalación del sensor de humedad y temperatura.*



### ***3.5.2 Establecimiento del área de estudio y delimitación de parcelas***

La investigación se efectuó en el Bloque 1, el cual cuenta con una plantación consolidada de la variedad Freedom con 18 años de establecimiento. El bloque está constituido por 72 camas, con una densidad aproximada de 365 plantas por cama. El diseño experimental se distribuyó en 40 camas, donde se asignaron los diez tratamientos (incluyendo el testigo). Para mitigar interferencias, se destinaron cuatro camas como efecto borde y 20 camas como áreas de separación entre tratamientos. Cada unidad experimental estuvo conformada por una cama, actuando como una repetición independiente para un total de cuatro repeticiones por tratamiento. Para el seguimiento individual, se marcaron 30 tallos por unidad experimental utilizando etiquetas codificadas y letreros de señalización por tratamiento, facilitando la trazabilidad durante todo el ciclo evaluado.

### ***3.5.3 Aplicación de los bioestimulantes***

La administración de los bioestimulantes se realizó vía foliar con seis aplicaciones: tres cada 8 días y tres cada 15 días, tras la ejecución del pinch. Se empleó una bomba estacionaria equipada con una lanza de aspersión vertical de ocho boquillas de tipo con lleno (D35 X 8). Para optimizar la eficiencia de deposición y maximizar la absorción cuticular, minimizando el escurrimiento, la aplicación se realizó con un ángulo de incidencia entre 65 °C a 70 °C respecto al plano foliar.

El cronograma de aplicaciones de los 9 tratamientos se inició en la semana 8 (17 de febrero de 2025), con una frecuencia de cada 8 días desde el inicio del pinch hasta su estado fenológico yema (19 días después del pinch). Posteriormente, la frecuencia se ajustó a cada 15 día, comenzando desde el estado fenológico de hojas verdaderas (32 días después del pinch) hasta el estado fenológico bola (62 días después del pinch). Por el contrario, la aplicación del Testigo se realizó una sola vez en la semana 8 (18 de febrero de 2025). Todas las aspersiones se ejecutaron en horario matutino para aprovechar la apertura estomática (Figura 19). Debido a la heterogeneidad fenológica propia de una producción abierta, se aplicó el regulador de crecimiento (Kinetina 1.38 % p/v) para uniformizar el desarrollo.

En cuanto al volumen de aplicación, se emplearon 12 litros de agua por cama, totalizando 60 litros por tratamiento. Se incorporó el adyuvante de una concentración de 26.37 % de la mezcla de alcoholes etoxilados y aquil poliglicol, en una concentración de 0.4 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> de agua para mejorar la humectación y penetración del producto.

## **Figura 19**

*Preparación de los tratamientos para la aplicación foliar.*



### ***3.5.4 Medición y registro de datos***

Para las variables grosor de tallo y de botón floral, se utilizó un calibrador pie de rey y para longitud del tallo y del botón floral, un flexómetro. Para las otras variables se utilizaron equipos que nos facilitaron la toma de datos. Además, las lecturas se realizaron al principio y al final del experimento en cada unidad experimental, dependiendo de la variable, para luego obtener un registro de todos los datos de cada una de las variables evaluadas.

Al final del ensayo se hizo un análisis combinado para determinar el efecto de los tratamientos que tuvieron en el cultivo de rosas evaluado.

### ***3.5.5 Cosecha***

La cosecha de los tallos del bloque evaluado se cosechó durante dos semanas, siguiendo protocolos de cosecha y postcosecha de la Finca de acuerdo con la demanda del mercado americano. Se empezó con la cosecha de las rosas de forma manual, con ayuda de las tijeras de podar y guantes. Aquí se tuvo en cuenta el punto de corte que maneja la finca “punto americano”. Los tallos ya cosechados se pusieron en cajas, previamente hidratados, para luego ser transportados a la sala de postcosecha. Donde dependiendo de la calidad de la rosa se clasificaron (Tabla 9) para exportación y nacional. Finalmente, se escogieron 8 tallos de una longitud entre 60 a 70 cm longitud de cada tratamiento para la obtención de área foliar, materia fresca y seca.

**Tabla 9**

*Clasificación del área de postcosecha según la longitud de la rosa en la var. Freedom de la Finca "Flor de Azama"*

<b>Clasificación</b>	<b>Longitud del tallo (cm)</b>
Primera	70 cm
Segunda	60 cm
Tercera	50 cm
Nacional	40 cm

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

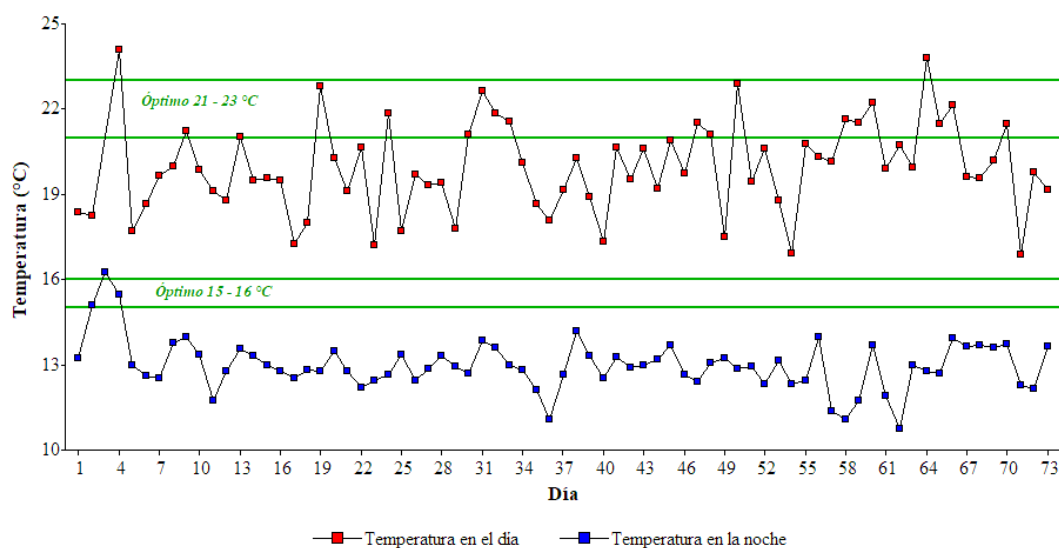
El presente estudio analizó las características agronómicas del cultivo de rosas de la variedad Freedom en condiciones bajo invernadero. Los resultados de las variables evaluadas se describen a continuación.

#### 4.1 Temperatura, Humedad Relativa y Déficit de Presión de Vapor (DPV)

La Figura 20 muestra la fluctuación de la temperatura diferenciando claramente el período diurno (línea roja) del nocturno (línea azul). Se observa que durante el día las temperaturas oscilaron mayormente cerca del rango óptimo de 21-23 °C, mientras que en las noches la temperatura descendió constantemente hasta valores medios cercanos a los 13 °C. Esta oscilación térmica constante indica que el cultivo no se desarrolló bajo condiciones óptimas continuas, lo que predispone a la planta a un ritmo de crecimiento irregular y justifica la necesidad de manejos agronómicos compensatorios.

**Figura 20**

Temperatura promedio de los días durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.

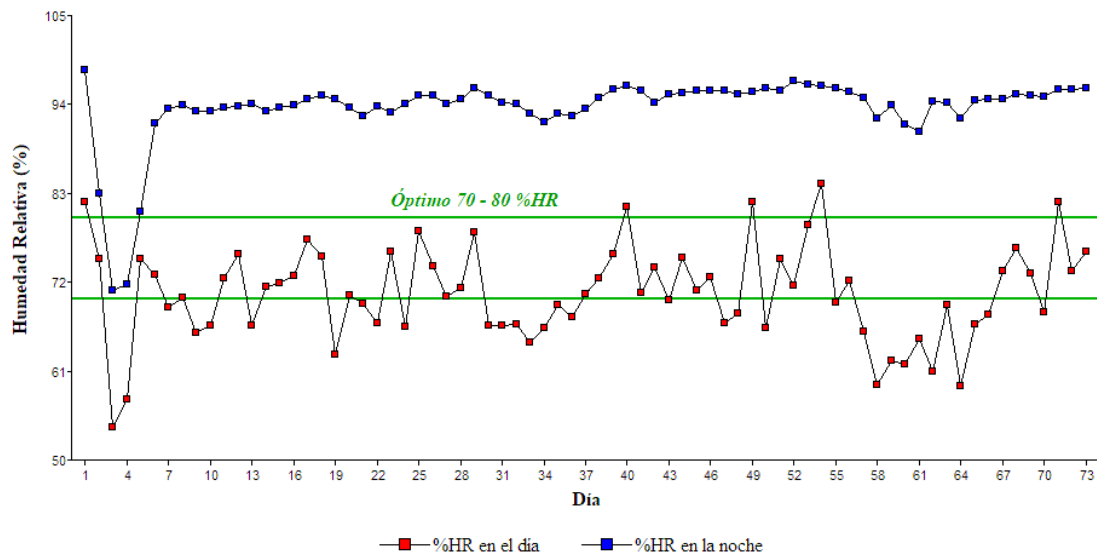


En la Figura 21 detalla que la HR nocturna se mantuvo en niveles de saturación superiores al 90% de forma casi constante. Por el contrario, la humedad relativa en la mañana presento una alta variabilidad, descendiendo frecuentemente por debajo del umbral crítico del 65%. Estos

descensos en el día sugieren un ambiente predominantemente más seco de lo ideal para el cultivo, lo cual eleva el déficit de presión de vapor.

### Figura 21

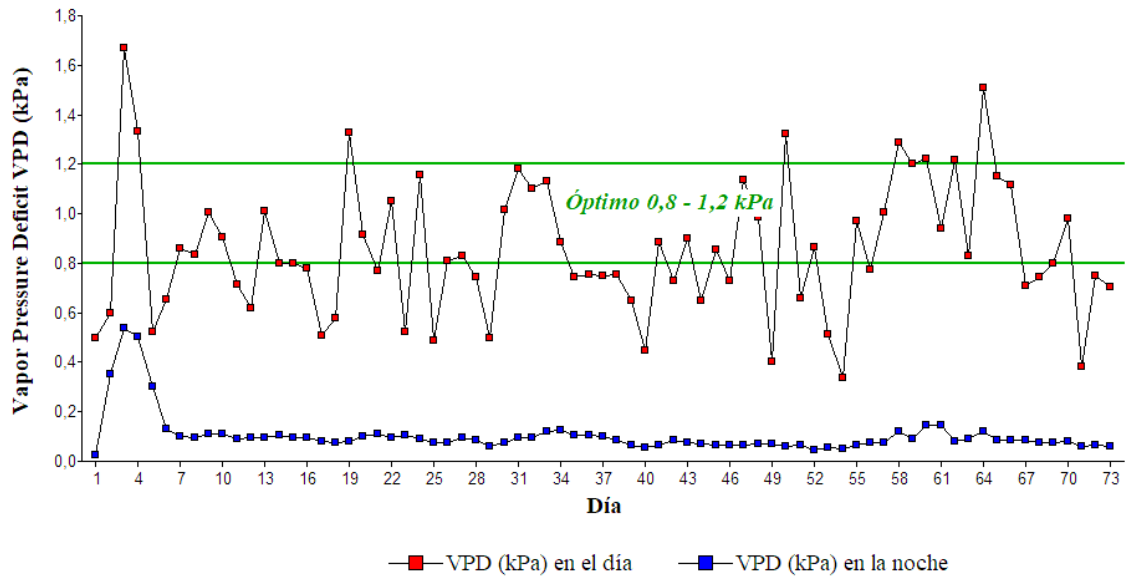
*Humedad relativa promedio de los días durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.*



El análisis del DPV promedio general (Figura 22) nos indica que un DPV elevado significa que el aire está seco, ocasionando estrés hídrico en el cultivo durante el día, provocando el cierre de los poros estomáticos del cultivo (Gutiérrez Hernández et al., 2020). En las noches los valores descienden a 0.03 a 0.1 kPa, quedando muy por debajo del límite inferior de 0.8 kPa, esto indica una humedad ambiental altísima, donde la planta apenas puede transpirar, lo que provoca deficiencias minerales graves (como falta de calcio), aparición de gotas en las hojas y rápida contaminación por esporas de hongos (Shamshiri et al., 2018).

## Figura 22

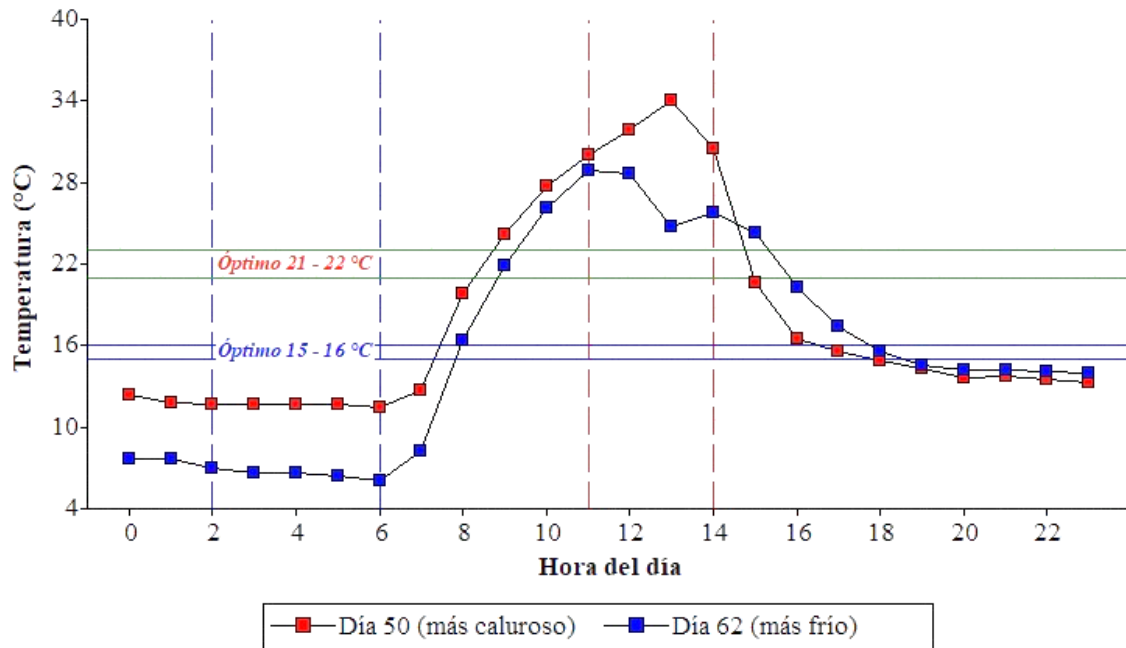
Déficit de Presión de Vapor (kPa) promedio de los días durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.



La Figura 23 demuestra que durante el día más caluroso la temperatura alcanzó un pico máximo de 34 °C al mediodía, superando ampliamente el umbral de estrés por calor. En contraste con el día 62 (más frío) que presentó un descenso drástico durante la madrugada, cayendo hasta los 6°C por debajo de los 15°C mínimos. Esto nos indica que durante la fase de duración del ensayo el cultivo se vio influenciado por las deltas de temperatura y tuvo un efecto el desarrollo del mismo.

## Figura 23

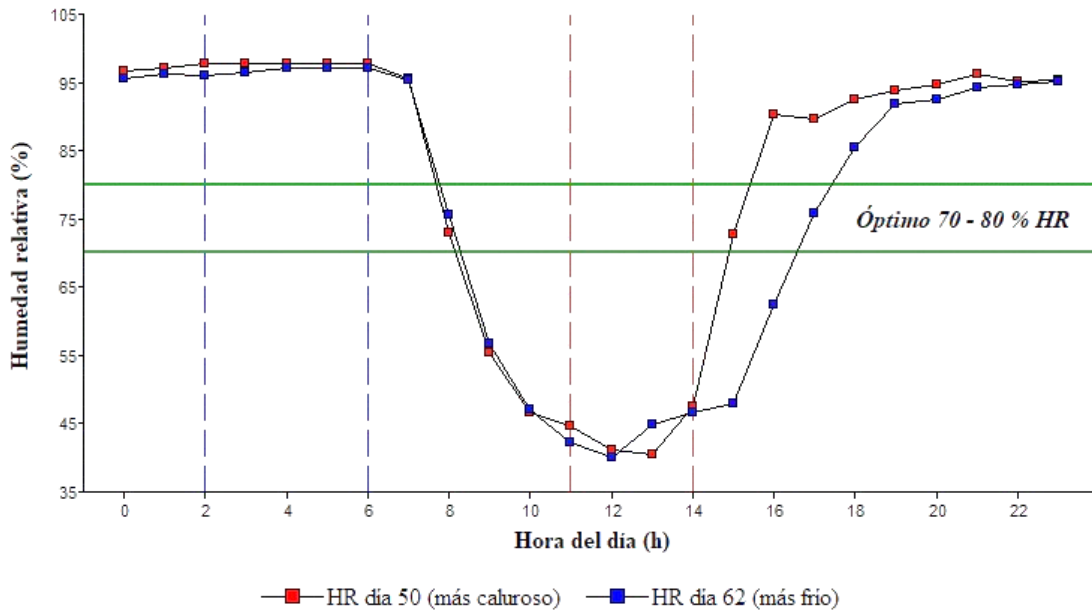
Temperatura del día más caluroso y frío registrado durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.



En la Figura 24 el comportamiento de la Humedad Relativa durante estos días críticos refleja dos tipos de riesgos hídricos y sanitario. En el día 62 (frío), la HR se mantuvo cerca del 100% de saturación desde la medianoche hasta las primeras horas de la mañana, creando condiciones ideales para proliferación de patógenos fúngicos debido a la condensación. Por otro lado, en el día 50 (caluroso), la HR se desplomó drásticamente, lo que provoca que la transpiración en la superficie de la hoja sea ineficaz y el sistema radicular y del tallo podría no ser capaz de suministrar agua suficiente a las hojas (Shamshiri et al., 2018), lo que obligó a la planta a priorizar la supervivencia antes que el desarrollo.

**Figura 24**

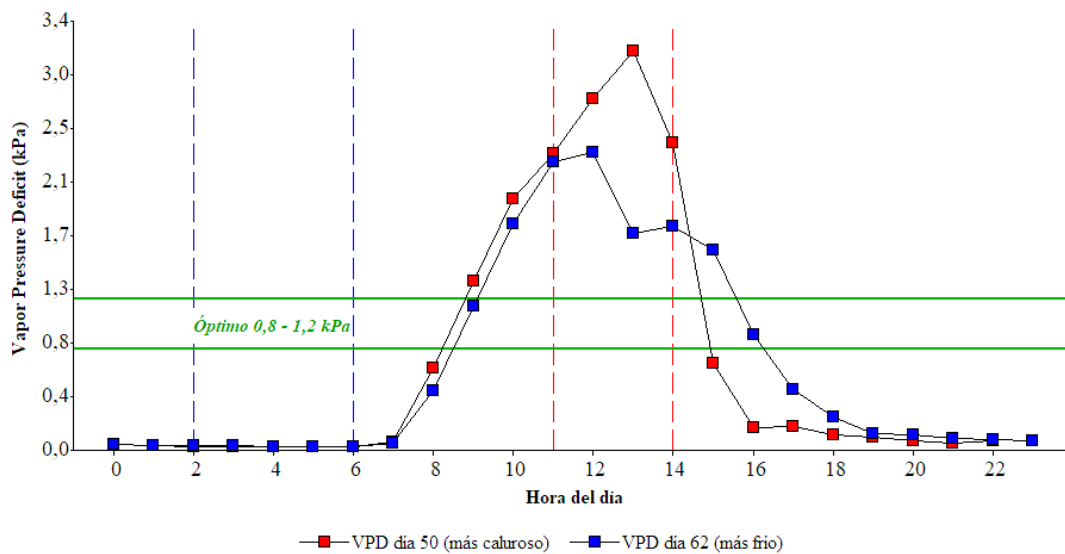
Humedad Relativa del día más caluroso y frío registrado en el día 50 y 62 de la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.



El impacto fisiológico definitivo se evidencia en la curva comparativa del DPV se observa en la Figura 25. Durante las horas de mayor radiación del día, el DPV se disparó hasta alcanzar niveles críticos 3.2 kPa. Este valor representa el cierre estomático total para evitar deshidratación (Tuqueres, 2023). Por su parte, el día 62 registró valores (0.08) durante la madrugada, paralizando la transpiración (Gutiérrez Hernández et al., 2020).

**Figura 25**

*Déficit de Presión de Vapor (kPa) del día más caluroso y frío registrado durante la fase de campo del cultivo de rosa var. Freedom.*



#### 4.2 Porcentaje de brotación de yemas florales (%)

En esta variable, todos los tratamientos tuvieron un 100% de brotación de yemas, demostrando que la combinación de reguladores del crecimiento con activadores metabólicos alcanza la misma eficiencia que el testigo. Cadena (2025), en su investigación en el cantón Bolívar, registró un 100% de brotación al aplicar reguladores de crecimiento ( $0.75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ) más calcio ( $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ). No obstante, es preciso considerar que, aunque la aplicación del testigo, que solo contiene citoquinina, garantiza la emergencia inicial, puede lograr un desequilibrio hormonal que podría comprometer el desarrollo fisiológico en etapas posteriores (Laiton, 2021). Por el contrario, la capacidad de los tratamientos evaluados (T1-T9) para igualar al testigo pese a los descensos nocturnos de hasta  $6 \text{ }^\circ\text{C}$  se atribuye a la sinergia entre el AATC y la kinetina. En esta interacción, la kinetina (citoquinina) actúa como el inductor principal de la división celular y la movilización de nutrientes hacia las yemas axilares, mientras que el AATC activa una respuesta antagónica al estrés oxidativo inducido por factores ambientales como el alto déficit de presión de vapor que se registró en la investigación ( $3.2 \text{ kPa}$ ) (Liu y Chan, 2015). Por lo que, estos tratamientos en las etapas posteriores garantizan la viabilidad de los puntos de crecimiento y una emergencia foliar sincronizada, evitando los riesgos de desequilibrio hormonal.

#### 4.3 Longitud del Tallo (cm)

El análisis de varianza (ADEVA) para la variable longitud del tallo (Tabla 10) demostró una interacción altamente significativa entre el factor tiempo y tratamiento ( $p=0.0042$ ). Esto indica que el efecto de cada tratamiento evaluado no fue uniforme a través del tiempo.

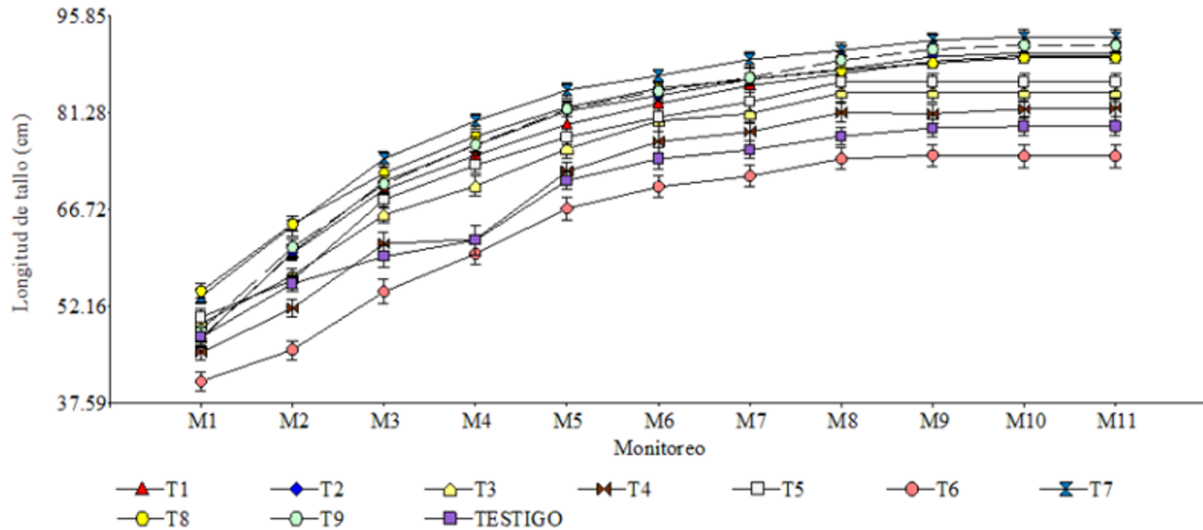
**Tabla 10**

*Análisis de varianza de la variable longitud de tallo en Rosa sp. de la var. Freedom*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Monitoreo (Tiempo)	10	1046.69	< 0.0001
Tratamiento (Dosis)	9	203.52	< 0.0001
Interacción (M x T)	90	1.44	0.0042
<b>Error</b>	<b>6486</b>		

**Figura 26**

*Longitud (cm) de los tallos de Rosa sp. de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.*



En la Figura 26 se puede apreciar que durante el M1 al M7 los tratamientos iban creciendo indistintamente, mientras que desde el M9 al M11 el crecimiento se vuelve constante y estable. Desde el monitoreo 11 se observa que los tratamientos T7 (92.73 cm), T9 (91.55 cm) y T2 (90.27 cm) mostraron una elongación superior al testigo (79.20 cm), teniendo una diferencia de 13.53 cm con respecto al T7. Sin embargo, el T6 (74.77 cm) mostró un desempeño por debajo del testigo, lo que indica que su dosificación no fue efectiva para estimular la elongación.

Los resultados obtenidos de los tratamientos con bioestimulación se relacionan con lo reportado por Mejía y Reibán (2020), quienes determinaron que la aplicación de aminoácidos y citoquininas (3000 ppm) en concentraciones de  $1.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  en la variedad Freedom permite alcanzar longitudes de 87.47 cm, superando con 5.20 cm a su testigo. En cambio, los resultados obtenidos por Sovia (2024) son superiores en 3.19 cm de longitud de tallo a los obtenidos con el tratamiento T7; este estudio, al probar un bioestimulante foliar a base de extracto de algas (0.25 %), alcanzó un valor máximo de 95.92 cm en longitud del tallo en ambas variedades de rosas.

Por el contrario, los resultados del T6 se atribuyen a un posible desequilibrio hormonal inducido por la interacción entre dosis y condiciones ambientales. Esta reacción concuerda con Ali & Jayaraman (2021), quienes demuestran que una buena efectividad de los bioestimulantes

depende de la modulación de genes específicos en la célula para que las rutas celulares regulen la biosíntesis de citoquininas y giberelinas. En este sentido, al haber aplicado una dosis baja de  $0.75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de Kinetina ( $17.25 \text{ mg L}^{-1}$ ) más  $0.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de AATC ( $13.75 \text{ mg L}^{-1}$ ), el tratamiento T6 careció de la señalización hormonal necesaria para inducir la expansión celular. En la investigación de Ferrás-Negrin et al. (2024) enfatizan que el éxito del desarrollo vegetativo depende de la precisión en la dosificación y de la continuidad del ciclo. En su investigación, se encontró que la aplicación regular de ácido N-acetil tiazolidin 4-carboxílico ( $2.50 \text{ ml L}^{-1}$ ) aumenta la altura de las plantas de café (*Coffea arabica* L.) en un 7.39 %, lo que demuestra que la frecuencia y dosis correctas son la clave para sostener el ritmo de crecimiento en fases fenológicas críticas. La importancia de aplicar componentes como el AATC radica en su papel como precursores de cisteína y activadores de la síntesis de ácidos nucleicos; según López (2021), la aplicación de estos compuestos en semillas de lenteja (*Lens culinaris* Medick) permite alcanzar una altura de hasta 25.23 cm en estructuras reproductivas, demostrando que estos activadores mantienen tasas de crecimiento estables ante el agotamiento metabólico.

Esta respuesta fisiológica se atribuye también al incremento por las temperaturas extremas registradas en campo, las cuales alcanzaron picos de  $34.77 \text{ }^\circ\text{C}$  y humedades relativas que descendieron al 35.7 % (Figuras 23 y 24). Por lo que el Déficit de Presión de Vapor (DPV) creció significativamente hasta alcanzar niveles críticos de 3.2 kPa (Figura 25), forzando un cierre estomático en el testigo y el T6, restringiendo así el crecimiento de los tallos. En contraste con el déficit de desarrollo del testigo y del T6, los tratamientos T7 y T9 mantuvieron su crecimiento debido a una mayor acumulación de solutos internos (Anastacio-Ángel et al., 2024). Esto se debe a que los aminoácidos actúan como osmolitos compatibles. Según Calvo et al. (2014), estos permiten que las células mantengan un potencial osmótico más bajo, facilitando la entrada de agua incluso ante una baja humedad relativa, lo que mantiene así la turgencia necesaria para la expansión celular. Finalmente, al aplicar aminoácidos de forma foliar, según Han et al. (2024), ayuda a impulsar la acumulación de prolina, manteniendo la integridad celular frente al estrés térmico.

#### **4.4 Grosor de tallo (mm)**

La variable grosor del tallo de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de varianza, demuestran un comportamiento distinto al de longitud del tallo. En la tabla 11 se muestra que hay efectos altamente significativos ( $p < 0.0001$ ) para los factores individuales de monitoreo y

tratamiento. Este comportamiento sugiere que la respuesta fisiológica de la rosa var. Freedom en cuanto al grosor se establece de manera constante desde las etapas iniciales de la aplicación.

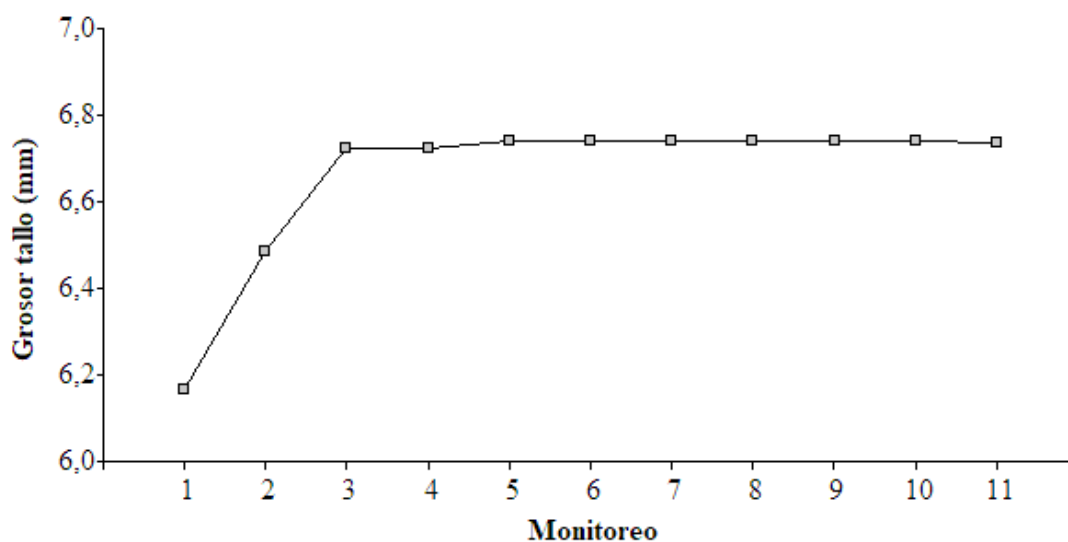
**Tabla 11**

*Análisis de varianza de la variable grosor de tallos de la var. Freedom*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad Error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Monitoreo (Tiempo)	10	6486	28.54	< 0.0001
Tratamiento (Dosis)	9	6486	229.15	<0 .0001
Interacción (M x T)	90	6486	1.11	0.2308

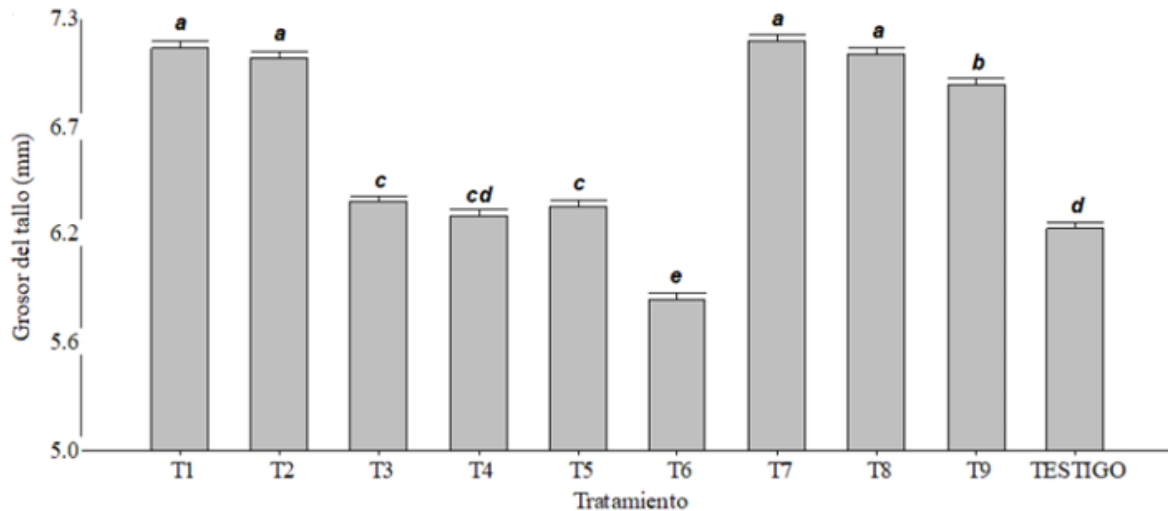
**Figura 27**

*Grosor de los tallos (mm) de rosa de la var. Freedom a través del tiempo (monitoreo).*



**Figura 28**

*Grosor (mm) de los tallos de rosa de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.*



Los resultados expuestos en la Figura 27, la prueba de LSD de Fisher ( $p < 0.05$ ) determinó que el crecimiento radial ocurre de manera acelerada durante los tres primeros monitoreos, estabilizándose a partir del M3 en un promedio de 6.74 mm de grosor del tallo. En cuanto a los tratamientos, en la Figura 28, el T7 (7.22 mm) presentó el mayor grosor, formando parte del grupo de alta eficiencia junto a T1 (7.18 mm) y T8 (7.15 mm). Por el contrario, el testigo alcanzó apenas 6.21 mm de grosor del tallo, mientras que el T6 mostró el desempeño más deficiente con 5.82 mm de grosor del tallo. Estos resultados demuestran que, a diferencia de la longitud, el grosor del tallo se define en las etapas tempranas del desarrollo y se ve optimizado significativamente por el uso de bioestimulantes específicos.

El incremento paulatino en cada uno de los monitoreos del grosor del tallo coincide con lo reportado por Robalino (2022), quien señaló en su investigación, donde el tratamiento con mejor desempeño (*Ascophyllum nodosum* 20 % p/v) a concentraciones de  $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  alcanzó un promedio de 9.58 mm, superando significativamente a su testigo. Esta diferencia de 0.75 mm entre el diámetro mayor y el menor sugiere que la utilización de tales insumos permite el desarrollo de la planta hacia rangos de mayor robustez vegetativa. Asimismo, al contrastar con Ferrás-Negrin et al. (2024), se evidencia que la aplicación regular de ácido N-acetil tiazolidin 4-carboxílico ( $2.50 \text{ ml L}^{-1}$ ) incrementa el grosor de los tallos de café (*Coffea arabica* L.) hasta un 19.05 % en comparación con su testigo, lo que indica que la bioestimulación con precursores de aminoácidos es clave para obtener tallos con la calidad de exportación.

En la variedad Freedom, Ascanta y Quisphe (2024) determinaron que al aplicar aminoácidos (13 %) y fitohormonas (2 %) utilizando dosis de  $2.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  genera un incremento del 22 % en el diámetro del tallo respecto al testigo. De igual manera, Suliman et al. (2024) en el cultivo de tomate riñón demostraron que la aplicación exógena de BAP (6-bencilaminopurina) aumenta un 0.62 mm el diámetro del tallo. Estos hallazgos corroboran con los obtenidos en la presente investigación, donde las dosis de 13.8 y 17.25 ppm correspondientes a los tratamientos T1, T2, T7 y T8, promovieron un aumento considerable en la robustez del tallo.

Al analizar la diferencia entre el T7 y el T6 nos damos cuenta de que adquiere mayor relevancia al analizar la influencia de las condiciones ambientales. El T6, al carecer de una dosis que permitiera una sinergia hormonal adecuada, se vio afectada por las condiciones dentro del invernadero. Según Rodríguez y Flórez (2006), la variedad “Freedom” es altamente sensible a la acumulación de temperatura; bajo temperaturas altas, los tallos tienden a crecer más delgados debido a un rápido desarrollo fenológico. Esto explica por qué, ante picos de  $34.77 \text{ }^\circ\text{C}$ , el T6 no logró desarrollar tallos robustos, mientras que, en el T7, el soporte hormonal y metabólico compenso este estrés, permitiendo a la planta mantener un diámetro superior a pesar de la aceleración del ciclo fisiológico inducida por el calor.

Finalmente, los bioestimulantes, al funcionar de manera análoga a las hormonas vegetales naturales, optimizan los procesos fisiológicos intrínsecos. Como mencionan Ascanta y Quisphe (2024), estos compuestos estimulan procesos fisiológicos intrínsecos que favorecen el avance y la evolución de las plantas; por lo tanto, al optimizar su reacción ante diversas situaciones estresantes, se garantiza una adecuada manifestación genética.

#### **4.5 Longitud de botón floral (cm)**

En cuanto a la variable longitud del botón floral, el análisis estadístico determinó efectos altamente significativos ( $p < 0.0001$ ) para los factores monitoreo, tratamiento y su interacción (Tabla 12). La fuerte interacción registrada evidencia que la eficacia de los bioestimulantes sobre la elongación del botón es dependiente del estado fenológico del cultivo.

**Tabla 12**

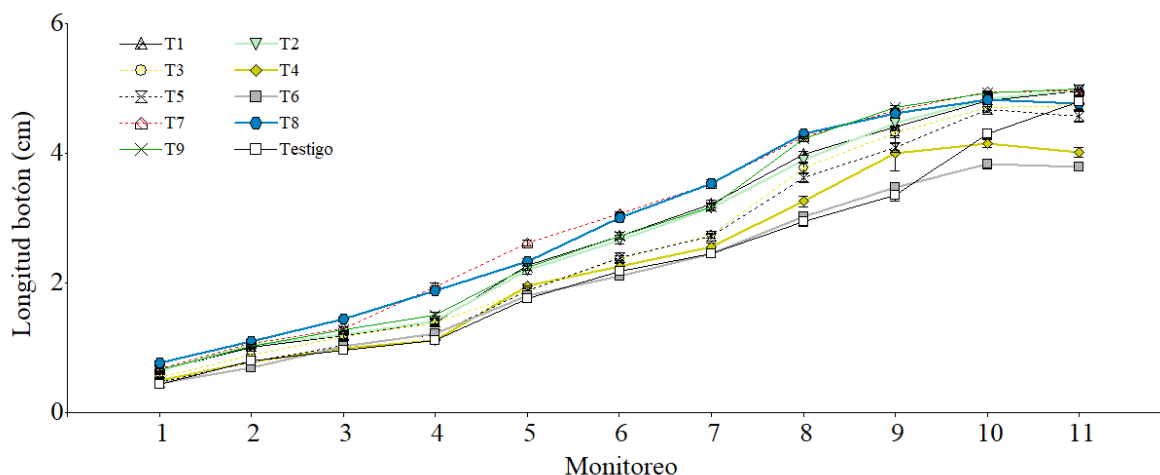
*Análisis de varianza de la variable longitud de botón del cultivo de rosas de la var. Freedom*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Monitoreo (Tiempo)	10	10,889.69	< 0.0001

Tratamiento (Dosis)	9	272.57	< 0.0001
Interacción (M x T)	90	12.53	< 0.0001

**Figura 29**

*Longitud (cm) de los botones florales de Rosa sp. de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.*



En la Figura 29 se observa que la longitud del botón floral presenta un crecimiento lineal y progresivo durante los 11 monitoreos, manteniendo una tasa de elongación constante hasta el momento de la cosecha sin presentar una estabilización temprana. Los tratamientos T9 (4.94 cm), T8 (4.85 cm) y T3 (4.82 cm) conformaron el grupo de alto rendimiento, alcanzando longitudes finales cercanas a los 5 cm de longitud del botón y mostrando una superioridad marcada a partir del monitoreo M5. Este comportamiento sugiere que su composición estimula eficazmente la expansión celular en la variedad Freedom.

En el caso del T8, su superioridad se fundamenta en poseer la concentración máxima de AATC ( $41.25 \text{ mg L}^{-1}$ ) combinada con la dosis más alta de fitohormonas. Esta abundancia de precursores metabólicos permitió una osmorregulación celular robusta, protegiendo la división celular frente al estrés térmico nocturno de la zona (Ali & Jayaraman, 2021). Por el contrario, en tratamientos como el T3, aunque se alcanzó una longitud de botón considerable (4.82 cm), la respuesta se atribuye primordialmente a la carga hormonal (Kinetina) ya que su nivel de AATC fue mínimo ( $13.75 \text{ mg L}^{-1}$ ); esto concuerda con la investigación de Mejía y Reibán (2020), donde al aplicar concentraciones de kinetina (3000 ppm) destacaron en sus resultados agronómicos, esto permitió que la planta mantuviera su vigor metabólico y continuara con sus procesos de división celular a pesar de las fluctuaciones ambientales extremas (Anastacio-

Ángel et al., 2024). Asimismo, al comparar con Viscaino (2023), se demuestra que una aplicación que contenga un equilibrio entre aminoácidos y hormonas vegetales en dosis superiores a  $0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ , la calidad del botón floral será de ámbito comercial. En su investigación al aplicar algas marinas (17.5 % p/v) a una dosis de  $1.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ , es superior con 0.60 cm al de Kinetina (0.009 % p/v) en dosis de  $0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ , resultando inferior hasta para el manejo convencional.

Con respecto al testigo el cual presentó un crecimiento limitado con una longitud final aproximada de 4.75 cm, evidenciando una brecha de 0.19 cm de longitud respecto al T9. Los tratamientos T4 (4.41 cm) y T6 (3.93 cm) mostraron los valores más deficientes, situándose incluso por debajo del testigo. El T6, en particular, obtuvo el desempeño más bajo durante la mayor parte del estudio.

Los resultados del grupo que obtuvo mejores parámetros agronómicos son similares a los obtenidos por Tuqueres (2023), quien al aplicar aminoácidos (12 % p/p) a una concentración de  $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  logró un promedio de 4.99 cm de longitud en botones de la variedad Nina. Sin embargo, son inferiores a los reportados por Grijalva (2018), quien alcanzó los 5.50 cm en longitud de botones en la variedad Freedom utilizando *Ascophyllum nodosum* + aminoácidos a una concentración de  $2 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ , incrementando un 0.26 cm de longitud con respecto a su manejo convencional. Esta diferencia reafirma que la aplicación de bioestimulantes basados en aminoácidos y hormonas mejora las funciones vitales y facilita la formación de órganos vegetales (Pinanjota, 2023), aunque según Ali & Jayaraman (2021), el alcance máximo de desarrollo depende de la sinergia entre los componentes y las condiciones ambientales.

Al contrastar el T6 con la investigación de Mejía y Reibán (2020), quienes reportó una longitud de 5.47 cm con dosis bajas ( $0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ) de aminoácidos y citoquininas (3000 ppm), se observa una discrepancia significativa. Mientras que en condiciones controladas las dosis mínimas son efectivas, en este estudio el T6 compuesto por una concentración de  $10.35 \text{ mg L}^{-1}$  de Kinetina y  $13.75 \text{ mg L}^{-1}$  de AATC (correspondientes a dosis de  $0.75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de Kinetina 1.38 % p/v más  $0.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de AATC 5.50 % p/v) se enfrentó a un DPV de 3.2 kPa y temperaturas de hasta  $34.77 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figuras 20 y 25). Según Ali & Jayaraman (2021), ante situaciones ambientales desfavorables, si no se tiene un balance hormonal, la planta prioriza su metabolismo defensivo y la producción de osmolitos por encima del transporte energético hacia los órganos reproductivos.

En este contexto, el bajo desempeño tanto del T6 (3.93 cm) como del T4 (4.41 cm) se explica porque el estrés térmico limitó la capacidad de absorción nutricional, provocando un cierre estomático prematuro para priorizar sus reservas de agua sobre la elongación celular (Tuqueres, 2023). Finalmente, esta discrepancia técnica sugiere que la efectividad de dosis bajas no es una constante, sino que depende de un balance hormonal óptimo (Wu et al., 2021). En condiciones de estrés abiótico severo, solo aquellos tratamientos con una carga de bioestimulante robusta logran mantener el umbral de turgencia necesario para evitar la detención de la división meristemática en el botón floral, garantizando así un buen desarrollo del tejido vegetal.

#### 4.6 Grosor de botón floral

Para la variable grosor del botón floral el análisis de varianza (ADEVA) determinó diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) para los factores principales y su interacción (Tabla 13). La interacción significativa entre Monitoreo y Tratamiento demuestra que la efectividad de los bioestimulantes en la fisiología del botón depende de la etapa del ciclo de desarrollo.

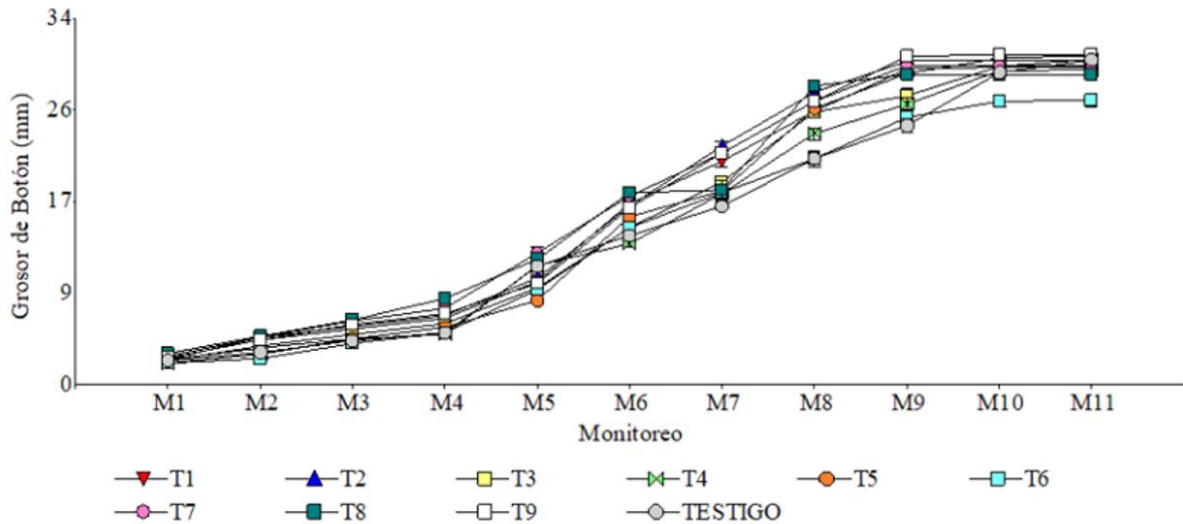
**Tabla 13**

*Análisis de varianza de la variable grosor de botón de la var. Freedom*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad Error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Monitoreo (Tiempo)	10	6440	15, 228.20	< 0.0001
Tratamiento (Dosis)	9	6440	119.12	< 0.0001
Interacción (M x T)	90	6440	9.32	< 0.0001

**Figura 30**

*Grosor (mm) de los botones florales de Rosa sp. de la var. Freedom mediante bioestimulantes bajo diferentes concentraciones.*



En la Figura 30 se observa que el grosor del botón floral presenta un crecimiento progresivo, caracterizado por una dinámica de expansión celular que se intensifica desde el M4 hasta la cosecha. Entre los estadíos M10 y M11, se identificó un grupo con desarrollo superior en el diámetro del botón, conformado por los tratamientos T9 (30.70 mm), T5 (30.57 mm) y T3 (30.22 mm), los cuales fueron similares estadísticamente al testigo (30.18 mm) pero numéricamente superiores con 0.52 mm en grosor de botón.

Particularmente, el T9 alcanzó mayor grosor. Esta tendencia sugiere que la combinación de un regulador de crecimiento en dosis de  $1.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  Kinetina ( $17.25 \text{ mg L}^{-1}$ ) y un complejo de bioactivador natural en dosis de  $0.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  AATC ( $13.57 \text{ mg L}^{-1}$ ), optimizan la partición de asimilados y la acumulación de biomasa en los pétalos de la variedad Freedom. En contraste, el tratamiento T6 (26.40 mm) mostró el desempeño más bajo, lo que indica una dosificación insuficiente para potenciar el volumen del botón floral bajo condiciones ambientales extremas. Al contrastar estos resultados con la literatura, Jarquín-Nieto et al. (2014) reportaron que al aplicar citoquininas (0.001 ppm) se generaron grosores de 37.9 mm, superando en 11.30 mm al manejo convencional. Asimismo, Ascanta y Quishpe (2024) obtuvieron un promedio de 36.7 mm en el grosor del botón mediante la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos (45 %) a una dosis de  $2.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ . Finalmente, al comparar con Viscaino (2023), se registran valores

superiores (59.1 mm) en la variedad Explorer utilizando bioestimulantes a base de algas marinas (11.7 % p/v) y kinetina (0.009 % p/v) a concentraciones mayores a  $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ .

Desde una perspectiva eco fisiológica, el bajo grosor del botón floral del tratamiento T6 se atribuye a la carencia de una bioestimulación efectiva bajo picos de  $34.77 \text{ }^\circ\text{C}$  y humedades relativas del 35.7% (Figuras 20 y 21). Esta condición generó un Déficit de Presión de Vapor (DPV) crítico de 3.2 kPa (Figura 25), induciendo un cierre estomático que limitó la turgencia celular y la tasa de división. Sin embargo, a pesar de estar bajo el mismo estrés, los demás tratamientos fueron superiores al T6 debido a una mayor concentración de citoquininas y auxinas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Abou-El-Ghait et al. (2018), quienes determinaron que la aplicación de citoquininas incrementa el grosor del botón floral en plantas ornamentales en 15 mm respecto al tratamiento control. Los autores atribuyen este crecimiento a la capacidad de las citoquininas para estimular la citocinesis y mejorar la acumulación de carbohidratos totales en los órganos reproductivos.

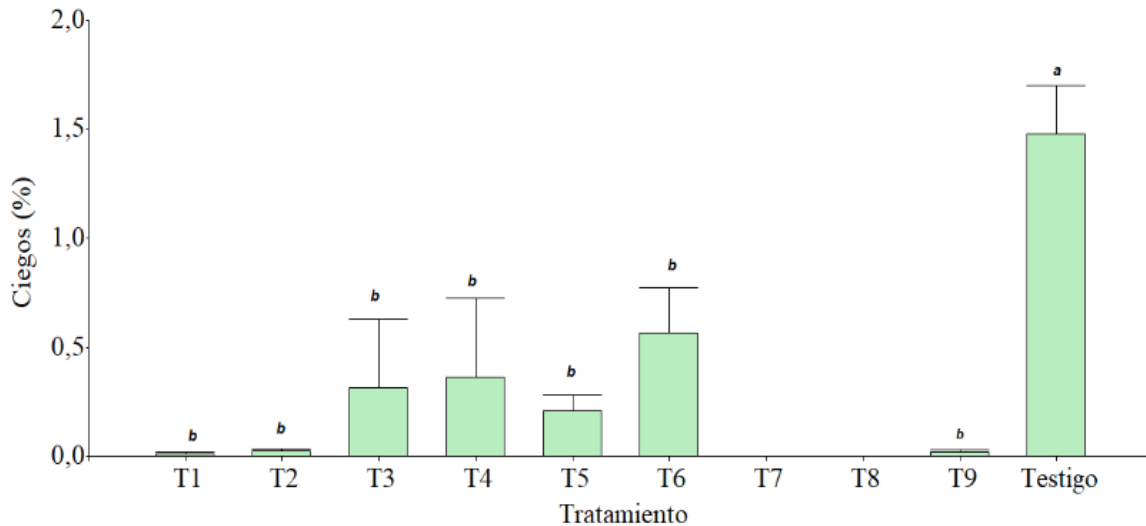
En este contexto, la mayor carga hormonal, sobre todo del T9, logró mitigar la alteración de la relación fuente-sumidero causada por el calor, potenciando la fuerza del sumidero floral para atraer asimilados y garantizando el transporte de azúcares a través del floema hacia los pétalos, procesos que en el T6 se vieron severamente restringidos (Aftab y Hakeem, 2022). Finalmente, Villagrán et al. (2024) señalan que la calidad floral depende de una gestión fisiológica precisa durante la morfogénesis floral. En este sentido, los resultados de la presente investigación confirman que el uso de bioestimulantes actúa como un catalizador para mejorar significativamente la calidad del botón floral, factor determinante para la competitividad del sector florícola bajo estándares internacionales.

#### **4.7 Porcentaje de ciegos (%)**

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $p=0.0178$ ). La Figura 31 presenta el porcentaje de ciegos obtenidos en el transcurso de la investigación.

**Figura 31**

*Porcentaje de ciegos del cultivo de Rosa sp. Var. Freedom al aplicar la combinación de dos bioestimulantes a lo largo del monitoreo.*



Los resultados revelaron una respuesta diferencial marcada ante la suplementación con bioestimulantes en la variedad Freedom. Los tratamientos T7 y T8 destacaron al no presentar incidencia de tallos ciegos (0 %), mientras que los tratamientos T5 (0.21 %), T3 (0.32 %), T4 (0.36 %) y T6 (0.57 %) registraron un porcentaje mínimo de ciegos; no obstante, todos se mantuvieron por debajo del testigo, que mostró la mayor susceptibilidad con un 1.48 % de ciegos.

Al estar todos los tratamientos bajo las mismas condiciones ambientales, la variabilidad entre ellos se atribuye directamente al efecto protector de las dosis aplicadas frente al estrés térmico e hídrico registrado durante el estudio. Según los datos climáticos obtenidos, el cultivo estuvo expuesto a condiciones críticas entre los días 50 y 62, donde se presentaron temperaturas máximas de hasta 34.77 °C y una humedad relativa mínima de 35.7 % (Figuras 23 y 24). Estos valores se alejan drásticamente de los umbrales óptimos establecidos para el rosal, situados entre 21 y 23 °C diurnos y una humedad relativa del 70 al 80 % (Quiroz, 2015). Al superarse el umbral crítico de los 30 °C, se producen alteraciones fisiológicas donde la planta entra en un periodo de dormancia o quiescencia, priorizando la supervivencia vegetativa sobre el desarrollo productivo (Osorio et al., 2022). El cierre estomático limita el flujo transpiratorio y el transporte de nutrientes hacia el ápice, interrumpiendo la diferenciación en el meristemo y derivando en tallos ciegos (Anastacio-Ángel et al., 2023; Aftab & Hakeem, 2022).

Por lo tanto, en este mismo ambiente de estrés, la nula incidencia en T7 y T8 demuestra que la combinación y concentración específica de estos tratamientos otorgaron resiliencia fisiológica superior al proteger la ruta metabólica, cobertura que los demás tratamientos no alcanzaron a proveer por completo. La capacidad del AATC para mitigar la tasa de ciegos se fundamenta en su rol como precursor metabólico de defensa. Según Alshallash et al. (2023), la aplicación de ácido N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico (AATC) incrementa los niveles de prolina en un 38 % y de clorofila en un 26 %, confiriendo protección contra el estrés abiótico. Bajo esta base científica, se infiere que este fortalecimiento antioxidante permitió que la concentración alta de kinetina ( $17.25 \text{ mg L}^{-1}$ ) mantuviera la división celular activa en el meristemo apical a pesar de las altas temperaturas.

Al contrastar con la literatura, Pinanjota (2023) obtuvo resultados similares al aplicar bioestimulantes a base de ácido glutámico ( $0.05 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ ), logrando mitigar la incidencia de ciegos en las variedades G672 (46.11 %) y White O'Hara (35 %) frente a sus respectivos testigos (60 % y 54.44 %). No obstante, la nula incidencia lograda en esta investigación resalta que la concentración hormonal de la kinetina (1.38 % p/v) utilizada es significativamente más potente para mantener el meristemo activo frente al ácido glutámico de baja concentración utilizado por dicho autor. Asimismo, en comparación con Tuqueres (2023), quien utilizó un producto bihormonal con aminoácidos al 12 % p/p en dosis de  $0.60 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ , presentó una reducción de 0.20 tallos ciegos/planta. Este estudio demuestra que la sinergia de Kinetina y AATC en los tratamientos T7/T8 es más equilibrada y efectiva para prevenir el aborto floral bajo estrés extremo.

De modo que, la aplicación integrada de aminoácidos, nutrientes, vitaminas y hormonas potencia el crecimiento en todas las fases del ciclo de vida y optimiza la absorción de nutrientes, reduciendo el estrés en las plantas, evitando deformaciones y mejorando la calidad, productividad y rendimiento del cultivo (Aguilar et al., 2024).

#### **4.8 Porcentaje de rosetas (%)**

En el caso del porcentaje de rosetas, el análisis mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis determinó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0.2207$ ). No obstante, se observa una tendencia favorable de algunos tratamientos que redujeron la incidencia de esta anomalía en comparación con el manejo convencional.

**Tabla 14***Tabla de medias y errores estándares de la variable porcentaje de rosetas*

<b>Tratamientos</b>	<b>Media ± E.E.</b>
T1	0.00 % ±0.00
T2	0.00 % ±0.00
T3	0.00 % ±0.00
T4	0.00 % ±0.00
T5	0.07 % ± 0.07
T6	0.12 % ± 0.07
T7	0.01 % ± 0.01
T8	0.00 % ±0.00
T9	0.03 % ± 0.02
Testigo	0.34 % ± 0.22

Como se aprecia en la Tabla 14, los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T8 presentaron una incidencia nula, mientras que T5, T6, T7 y T9 presentaron un porcentaje mínimo de rosetas; por su parte, el testigo mostró el valor más alto (0.34 %). Aunque el efecto no alcanzó relevancia estadística, dicha ausencia de significancia responde principalmente a la alta variabilidad y dispersión de datos encontrados dentro de las unidades experimentales, y no a la falta de actividad biológica de los tratamientos. De este modo, la tendencia hacia la mitigación de rosetas en la mitad de los tratamientos sugiere que los componentes aportados (como el AATC y la kinetina) contribuyeron a un desarrollo floral uniforme en la variedad Freedom, eliminando la malformación ante temperaturas extremas de hasta 34.77 °C (Figura 23), las cuales suelen alterar la diferenciación celular en el meristemo.

Fisiológicamente, la roseta representa un fallo en la diferenciación del meristemo apical causado por un desequilibrio entre citoquininas y giberelinas bajo condiciones de estrés. En estudios orientados a la calidad comercial, como los de Chancusig (2024) y Carua (2009), destacan la importancia crítica de controlar estas anomalías en el botón floral. La

suplementación externa de fitohormonas ayuda a evitar malformaciones en los botones, debido a que asegura la continuidad del metabolismo vegetal durante picos térmicos, estabilizando el nivel organizativo del tejido celular mediante un suministro suficiente de citoquininas (Robles-Bermúdez et al., 2012).

Al comparar los resultados con Mejía y Reibán (2020), se notó que al aplicar una concentración de  $1 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  de biorreguladores (aminoácidos más citoquininas a 3000 ppm) en variedades Mondial y Freedom, presentó un 1 % de rosetas, mientras que el testigo presentó un 10 % de rosetas en 150 tallos evaluados. Lo que demuestra que los resultados de 0 % obtenidos en la mitad de los tratamientos validan la capacidad de los componentes aplicados para proteger las características de diseño en el botón floral en general. En el mercado de exportación, las rosetas, aunque pequeñas (0.34 %), reflejan inestabilidad en el bloque de producción. Como señala Ortiz (2023), cualquier distorsión en la simetría del botón es causa de rechazo comercial. Por consiguiente, el uso de estos bioestimulantes representa una ventaja técnica y comercial dando cumplimiento de las exigencias del mercado, orientada a prevenir la inhibición fisiológica referida por Méndez (2023) en condiciones ambientales adversas.

#### 4.9 Ciclo fenológico (días)

En la variable del ciclo fenológico, el análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 53.34 %, lo que refleja la variabilidad natural esperada. También mostró diferencias altamente significativas ( $F=5.72$ ;  $gl=36$ ;  $p<0.0001$ ) para los factores tratamiento, estadío fenológico y su interacción (Tabla 15). Esto indica que el tiempo de duración de cada fase fenológica varió significativamente entre los tratamientos.

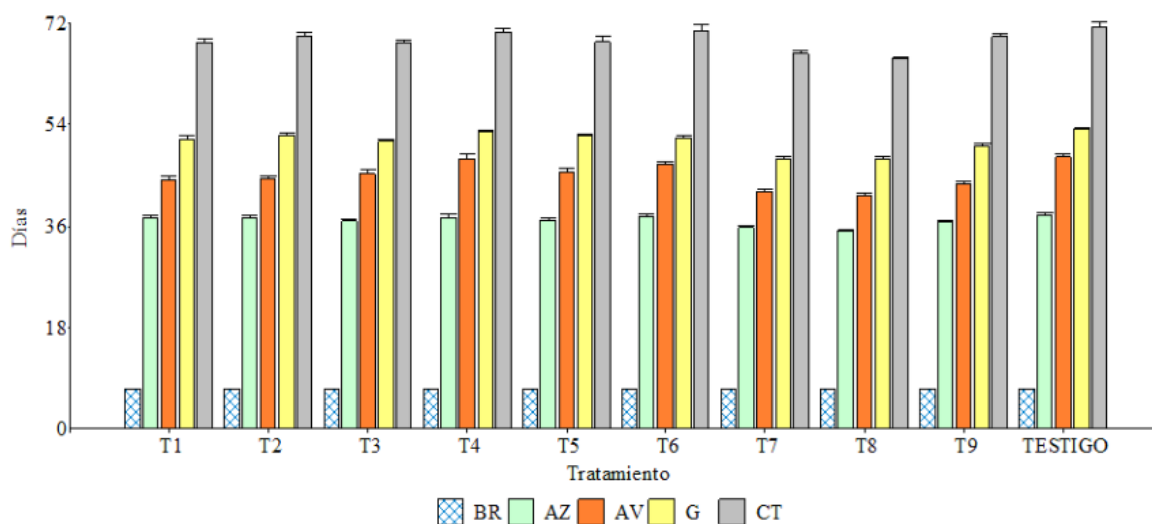
**Tabla 15**

*Análisis de varianza de la variable ciclo fenológico de la var. Freedom*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Tratamiento	9	39.00	< 0.0001
Estadío	4	26, 230.83	< 0.0001
Interacción (T x E)	36	5.72	< 0.0001

**Figura 32**

*Días de duración de cada fase fenológica del cultivo de rosas al aplicar la combinación de dos bioestimulantes a lo largo del monitoreo.*



*Nota.* BR= Brote; AZ= Arroz; AV= Arveja; G= Garbanzo; CT= Corte

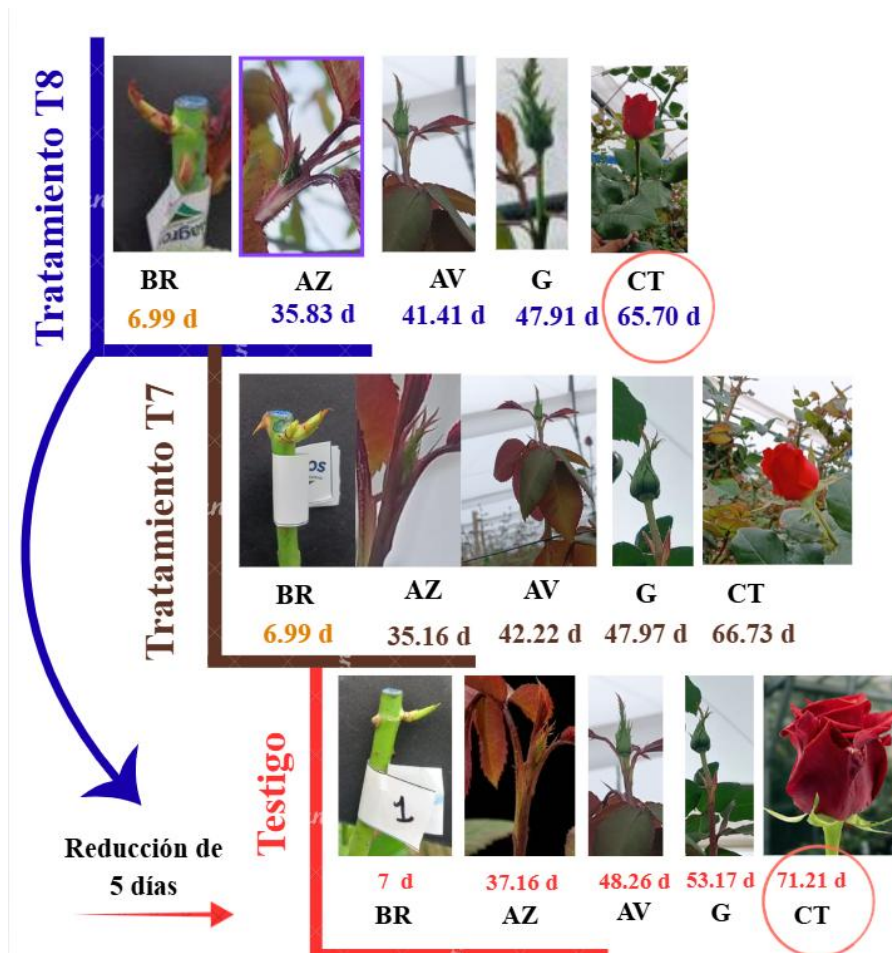
En la Figura 32 se observa que la combinación de diferentes dosis de ambos bioestimulantes influyó significativamente en la dinámica del desarrollo fenológico de las rosas Freedom, acelerando la transición entre etapas y reduciendo el tiempo hasta la cosecha. Los tratamientos T7, T8 y T9 destacaron por promover un desarrollo más eficiente, uniforme y en menor tiempo. Mientras tanto, los tratamientos T4, T5 y T6 mostraron una duración del ciclo regular, pero inferior al testigo, el cual mostró un desarrollo más lento y prolongado, reflejando una menor eficiencia.

En general, a excepción del estadio de brotación, los tratamientos con diferentes dosificaciones en combinación de los dos bioestimulantes acortaron ligeramente la duración del ciclo fenológico, en comparación con el testigo, que presentó los días de duración más altos en todas las fases sucesivas. En los estadios de yema y hojas verdaderas, los tratamientos más rápidos fueron el T7, T8 y T9, que ocurrieron entre los 12 y 23 días. En los estadios de arroz (35 días), arveja (42 días) y garbanzo (47 días), los tratamientos T7 y T8 superaron a los demás, incluso al testigo, que su estadio garbanzo lo alcanzó a los 53 días. Por lo que los tratamientos T7 (66.72 días) y T8 (65.70 días) fueron los primeros en cosecharse; en cambio, el testigo se cosechó 5

días después, lo que evidencia una reducción en la duración total del ciclo productivo de las rosas en la variedad Freedom (Figura 33).

**Figura 33**

*Esquema de las fenologías de los tratamientos más precoces en comparación con la fenología del Testigo.*



El comportamiento observado se atribuye al efecto de los tratamientos como mitigadores del entorno ambiental, permitiendo a las plantas procesar eficientemente la alta radiación y las temperaturas registradas en todo el ciclo (Figura 20). Mientras que estas condiciones climáticas suelen inducir estrés, la aplicación de los bioestimulantes aceleró y protegió el metabolismo de los cultivos que dispusieron de dichos recursos. Al respecto, Calvo et al. (2014) sostienen que los bioestimulantes aumentan la eficiencia metabólica, permitiendo que la planta aproveche la energía térmica para avanzar en sus fases fenológicas en lugar de detenerse por estrés.

Estos resultados coinciden con lo reportado por (Agrarios, 2017), en su estudio sobre el efecto del ácido giberélico en tomate, donde dosis altas de AG-3 (50, 100 y 150 ppm), presentaron un desarrollo precoz de 91 días hasta la aparición de la última flor (racimo floral), a diferencia de los 98 días del testigo (sin aplicación de AG-3). En nuestra investigación, los tratamientos T7, T8 y T9 con una dosis de 0.16 mg L<sup>-1</sup> AG-3 mostraron un ciclo más precoz de aproximadamente 66 días en comparación al testigo (71.2 días).

Al comparar con Viscaino (2023), la aplicación de *Manvert foliplus* (algas marinas 17.5 % p/v), con una dosis de 1.0 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>, comparado con el testigo, existe una diferencia de 21 días a la cosecha. El autor afirma que el ciclo fenológico se puede reducir significativamente estimulando la floración con la aplicación de bioestimulantes a base de extracto de algas marinas, ácido fólico, citoquininas naturales, aminoácidos libres y materia orgánica. Además, al ser combinado con un trihormonal, puede estar vinculado al contenido de la combinación de citoquininas, giberelinas y auxinas, debido a que su bajo peso molecular las hace más asimilables por las plantas. Este comportamiento coincide con Sovia (2024), quien evidenció que el uso de bioestimulantes foliares (extracto de algas) acelera la formación de estructuras reproductivas, acortando el tiempo hacia la diferenciación del botón floral.

Por el contrario, el retraso en el testigo se explica mediante lo expuesto por Wu et al. (2021), quien señala que las citoquininas, al regular la senescencia y la partición de nutrientes, pueden inducir un retraso en las transiciones de desarrollo si la planta no cuenta con el soporte energético necesario bajo estrés. En condiciones de calor extremo, como se obtuvo en la investigación, la planta prioriza la homeostasis vegetativa sobre la diferenciación reproductiva, prolongando el ciclo fenológico.

La robustez de los resultados obtenidos se fundamenta al contrastarlos con el monitoreo ambiental. Mientras que autores como Viscaino (2023) operaron en condiciones controladas, la presente investigación enfrentó un escenario de estrés abiótico severo, caracterizado por temperaturas de hasta 34.77 °C y un déficit de presión de vapor (DPV) de 3.2 kPa (Figuras 23 y 25). Estos valores triplican los rangos óptimos para la variedad Freedom, condiciones que usualmente prolongan el ciclo debido a la inhibición metabólica. Por lo tanto, la reducción de 5 días lograda por los tratamientos T7 y T8 no solo demuestra precocidad, sino una notable capacidad de osmorregulación y termo tolerancia conferida por la sinergia de los

bioestimulantes, permitiendo que la planta procese la alta radiación disponible sin sucumbir al estrés hídrico o térmico del entorno (Ali & Jayaraman, 2021).

Consecuentemente, al aplicar dosis altas de una combinación como la que se aplicó en esta investigación, se afirma que, aunque haya temperaturas extremas, estos productos ayudan a que la planta aumente su desarrollo, pero mantenga su calidad. Según Ali & Jayaraman (2021), los extractos de algas promueven las etapas vegetativas y reproductivas al funcionar como moduladores en la biosíntesis de fitohormonas endógenas, además de proporcionar compuestos bioactivos y osmoprotectores cruciales.

Estas sustancias no solo facilitan la división celular mediante la señalización de citoquininas y auxinas, sino que también incrementan notablemente la resistencia al estrés térmico y hídrico. Así mismo, habilitan a la planta para conservar su funcionalidad estomática y mantener la estabilidad de sus membranas, lo cual previene interrupciones en el desarrollo debido a variaciones ambientales extremas (Aftab y Hakeem, 2022).

#### **4.10 Materia fresca (g)**

Para la variable de materia fresca, se hizo tres análisis de varianza, los cuales fueron para cada parte de la rosa (tallos, hojas y botones), donde se puede observar que, en los análisis de varianza de tallos ( $F=4.11$ ;  $gl=9$ ;  $p=0.0003$ ) y de botones ( $F=4.56$ ;  $gl=9$ ;  $p=0.0001$ ) respectivamente. Mientras que, en el análisis de varianza de hojas no se observó una diferencia significativa ( $F=1.84$ ;  $gl=9$ ;  $p=0.0778$ ) (Tabla 16).

**Tabla 16**

*Resultados obtenidos de la materia fresca (g) de tallos, botones y hojas de los tratamientos evaluados en el cultivo de rosas de la var. Freedom*

<b>Tratamiento</b>	<b>Tallo (g)</b>	<b>Botón (g)</b>	<b>Hojas (g)</b>
T1	$27.91 \pm 1.63^a$	$26.93 \pm 0.94^a$	$29.55 \pm 1.33$

T2	29.07 ± 2.68 <sup>a b</sup>	24.70 ± 1.17 <sup>a b</sup>	29.46 ± 1.61
T3	25.35 ± 1.66 <sup>a b c</sup>	23.78 ± 1.78 <sup>a b</sup>	28.34 ± 1.49
T4	30.89 ± 3.39 <sup>a</sup>	23.08 ± 1.98 <sup>a b c</sup>	30.23 ± 1.31
T5	25.37 ± 1.74 <sup>a b c</sup>	22.98 ± 1.61 <sup>b c</sup>	27.12 ± 0.50
T6	18.57 ± 1.50 <sup>d</sup>	19.56 ± 0.90 <sup>c</sup>	24.90 ± 1.30
T7	22.65 ± 1.34 <sup>c</sup>	25.71 ± 1.71 <sup>a b</sup>	27.34 ± 1.40
T8	23.42 ± 1.91 <sup>b c</sup>	23.90 ± 1.59 <sup>a b</sup>	26.37 ± 0.71
T9	25.47 ± 2.08 <sup>a b c</sup>	24.28 ± 0.71 <sup>a b</sup>	28.33 ± 1.56
T0 (Testigo)	24.15 ± 1.50 <sup>a b c</sup>	24.53 ± 1.44 <sup>a b</sup>	27.72 ± 0.93

En la Tabla 16 se muestra que el T4 fue el tratamiento con el valor más alto (30.89 g ± 3.10) en materia fresca de tallos, seguido de los tratamientos T2 (29.07 g ± 2.70) y T1 (27.91 g ± 1.49), que son estadísticamente similares al T4. Por el contrario, los tratamientos T3, T5, T7, T8 y T9 son estadísticamente iguales entre sí y al testigo (24.15 g ± 1.47). Sin embargo, el tratamiento T6 presentó un 23.10 % menos que el testigo en materia fresca de tallos.

Respecto a materia fresca en botón, se observa que el tratamiento T1 (26.93 g ± 0.94) obtuvo la mayor acumulación de biomasa, seguido de los tratamientos T7 (25.71 g ± 1.72) y el testigo (24.53 g ± 1.46), que comparten similitud estadística. En términos de porcentajes, el T1 es un 9.8 % superior al testigo. Mientras que el tratamiento T6 mostró un bajo valor (19.56 g ± 0.88) en materia fresca de botón, registrando una pérdida de biomasa del 20.3 % comparado con el testigo.

Finalmente, materia fresca de hojas, no se observa una diferencia estadística entre tratamientos, pero sí una influencia en el comportamiento de la variable. El tratamiento T4 logró la mayor acumulación de biomasa fresca foliar, con un valor de 30.23 g ± 1.23. Los tratamientos T2 y T1 resultaron estadísticamente iguales al T4, formando el grupo con los mejores resultados. Sin embargo, el tratamiento con menor acumulación sigue siendo el T6 (24.90 g ± 1.30), con un rendimiento 10.2 % inferior al testigo en materia fresca de hojas.

En el trabajo realizado por Ahmad et al. (2025), titulado “Los bioestimulantes mejoran el crecimiento, el rendimiento y la calidad de *Eustoma grandiflorum* L. (*Lisianthus*) y *Matthiola incana* L.(Stock) ”, se probaron diferentes productos como ácido húmico (0.4 %); Isabión (3 mL L<sup>-1</sup>), que en su composición contiene 10 % de aminoácidos libres (destacando el ácido glutámico); y Corteva XYZ (3 mL L<sup>-1</sup>), un bioestimulante a base de citoquininas. Se evidenció que la aplicación de Isabión (3 mL L<sup>-1</sup>), aumentó considerablemente la biomasa del tallo logrando un peso de 77.6 g en *Lisianthus* y en Stock con 86.1 g y el tratamiento control (sin aplicación) obtuvo un peso de 42.5 g en *Lisianthus* y 43.4 g en Stock respectivamente. Siendo el mejor tratamiento el bioestimulante a base de aminoácidos. En nuestra investigación coincidieron en los tratamientos T4, T2 y T1 que presentaron una respuesta favorable que se asocia directamente a sus elevados contenidos del ácido N-acetil-tiazolidín-4-carboxílico (AATC) y ácido glutámico (Glu), los cuales permitieron superar la acumulación de biomasa del testigo en un 27.91 %, 20.37 % y 15.57 %, respectivamente. Por lo tanto, estos tratamientos reflejan la excelente capacidad de retención de agua del tejido como señalaron Jiménez-Noriega et al., (2022), la retención de agua postcosecha (regulada por barreras estructurales como la cutícula) es un parámetro crucial, los altos niveles de agua celular aseguran la presión de turgencia foliar, proporcionando así el valor ornamental y la frescura requeridos en el mercado de flores, garantizando tallos florales muy atractivos y competitivos.

Además, en el trabajo de Sadique et al. (2021) con caléndula africana (*Tagetes erecta* L.), se evidenció un incremento en materia fresca de botón floral al aplicar reguladores de crecimiento vegetal por vía foliar, como ácido abscísico, ácido giberélico, ácido indolbutírico y ácido salicílico. La aplicación de ácido giberélico aumentó significativamente la materia fresca del botón, elevando el peso de 4.05 g (testigo) a 9.93 g, un 145 % más que el control. En nuestro ensayo con la variedad Freedom, la acción conjunta de las hormonas (KIN, AIB y AG-3) y el bioactivador natural robusteció el desarrollo del botón floral en las dosis T1 y T7, logrando incrementos de 2.40 g y 1.18 g frente al testigo, respectivamente.

Así mismo, Miceli et al. (2019), en el cultivo de lechuga en sistemas flotantes, demostraron que la aplicación de ácido giberélico (GA-3) a una dosis de 10<sup>-6</sup> M, siendo esta la dosis media (0.346 mg), logró un peso fresco de la parte epigea de 17.23 g, frente a los 12.0 g del tratamiento control (sin aplicación de GA-3), es decir un 43.58 % más alto. Esto se relaciona con nuestros tratamientos debido que son un coctel de precursores metabólicos y reguladores de crecimiento siendo esto lo que asegura una rápida transferencia de nutrientes y una absorción efectiva (Iza

et al., 2023). De igual forma esta respuesta se atribuye al equilibrio aportado por los compuestos metabólicos, este complejo de aminoácidos y fitohormonas mejora la actividad fotosintética y optimiza la asimilación de carbono y nitrógeno (Iza et al., 2023). Estos compuestos contribuyen en la producción endógena inicial, mejorando la asimilación de nutrientes, estimulación de la fotosíntesis, tolerancia al estrés y desarrollo del cultivo (Youssef & Giuseppe, 2021, como se citó en Iza et al., 2023).

Respecto a la materia fresca en hojas no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, numéricamente, los tratamientos con menor contenido de kinetina (T4, T1 y T2) mostraron una tendencia de mayor acumulación frente a dosis más altas. Esta respuesta coincide con lo reportado por Kumari et al. (2024), en su estudio sobre “El impacto fisiológico de la kinetina en la dinámica de crecimiento en clavel poeta (*Dianthus barbatus* L.)”, reportaron que dosis elevadas de kinetina (20 ppm) pueden resultar en una menor acumulación de biomasa foliar (1.56 g) comparado con dosis medias (1.62 g).

Finalmente, el tratamiento T6 sugiere que una dosis baja puede inducir un desajuste hormonal debido a la falta de equilibrio con el resto de los componentes del tratamiento (Martínez et al., 2024). El desequilibrio entre reguladores de crecimiento y compuestos metabólicos restringe la producción de biomasa; un fenómeno respaldado por Méndez (2023), quien destaca que el impacto biológico de las fitohormonas depende estrictamente de la dosis, pudiendo estimular o inhibir los procesos fisiológicos según la cantidad aplicada.

#### 4.11 Materia seca (%)

La Tabla 17 muestra la variable de materia seca para tallos, hojas y botones de la rosa, donde se puede observar que, en los análisis de varianza de tallos y hojas, si existen diferencias significativas entre tratamientos ( $F=78.56$ ;  $gl=9$ ;  $p=0.0001$ ) y ( $F=31.17$ ;  $gl=9$ ;  $p=0.0001$ ) a diferencia del botón floral que no presento diferencias significativas ( $F=0.50$ ;  $gl=9$ ;  $p=0.86$ ) respectivamente.

**Tabla 17**

*Efecto de las dosis de bioestimulantes sobre la acumulación de materia seca en los componentes del tallo floral de la variedad Freedom*

Tratamiento	MS Tallo (%)	MS Hojas (%)	MS Botón (%)
-------------	--------------	--------------	--------------

T1	27.39 ± 1.61 <sup>b c</sup>	18.11 ± 0.86 <sup>b cd</sup>	15.16 ± 0.95
T2	26.52 ± 1.61 <sup>b c</sup>	18.28 ± 0.86 <sup>b c</sup>	15.69 ± 0.95
T3	24.03 ± 1.61 <sup>cd</sup>	17.01 ± 0.86 <sup>cd</sup>	15.53 ± 0.95
T4	27.09 ± 1.61 <sup>b c</sup>	18.58 ± 0.86 <sup>b c</sup>	17.29 ± 0.95
T5	25.55 ± 1.61 <sup>b cd</sup>	17.25 ± 0.86 <sup>b cd</sup>	16.49 ± 0.95
T6	25.60 ± 1.61 <sup>b cd</sup>	15.70 ± 0.86 <sup>d</sup>	15.89 ± 0.95
T7	59.77 ± 1.61 <sup>a</sup>	29.55 ± 0.86 <sup>a</sup>	16.42 ± 0.95
T8	59.34 ± 1.61 <sup>a</sup>	27.67 ± 0.86 <sup>a</sup>	16.11 ± 0.95
T9	28.94 ± 1.61 <sup>b</sup>	19.57 ± 0.86 <sup>b</sup>	16.72 ± 0.95
Testigo	22.42 ± 1.61 <sup>d</sup>	16.19 ± 0.86 <sup>cd</sup>	15.30 ± 0.95

En la tabla 17, al analizar el porcentaje de materia seca en tallos, se observó que los tratamientos T7 (59.77 %) y T8 (59.34 %) presentaron los valores más altos, sin mostrar diferencias estadísticas significativas entre sí. En contraste, el resto de los tratamientos son parte del grupo inferior, sin mostrar diferencias significativas entre sí. Hay que considerar que los tratamientos T7 y T8 superaran más del 60 %.

En la materia seca de las hojas, tiene el mismo comportamiento que la materia seca de tallos, evidenciando que los tratamientos T7 y T8 son los que mejores resultados con 29.55 % y 27.65 % respectivamente. Por otro lado, los demás tratamientos son parte del grupo inferior y no presentan diferencias significativas entre sí.

En cuanto a la variable materia seca de botones, el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0.8668$ ). Como se observa en el grafico c, todos los tratamientos comparten la misma categoría; esto nos da a entender que los tratamientos aplicados no influyeron en la acumulación de biomasa seca en botones florales.

De la misma manera en el estudio realizado por De Lucia & Vecchietti (2012), donde probaron bioestimulantes y métodos de aplicación para evaluar la calidad del tallo y el crecimiento radicular en lirio, se concluyó que el uso de estos insumos mejoró el peso seco del tallo. Los

resultados fueron superiores cuando se utilizó el bioestimulante constituido por un 30 % de extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*), además de hormonas como citoquininas (56 ppm) y auxinas (456 ppm). En concreto, la aplicación de este bioestimulante aumentó un 100 % el peso seco del tallo, pasando del tratamiento control (1.31 g) al tratamiento con extracto de algas (2.62 g). En la presente investigación se registró un aumento en MS de tallos del 166.59% (T7) y 164.67% (T8) respecto al testigo.

Así mismo, los resultados de materia seca de las hojas coinciden con lo reportado por Miceli et al. (2019), quienes observaron que la biomasa seca de plantas de lechuga fue positivamente superior en tratamientos con GA-3. El peso seco total aumentó significativamente un 59.9 % solo en las plantas cultivadas con  $10^{-6}$  M AG-3. Esto concuerda con los resultados obtenidos en nuestra investigación, siendo los tratamientos con la concentración más alta de AG-3 ( $0.16 \text{ mg L}^{-1}$ ) los que presentaron mayor en acumulación de MS, siendo el tratamiento T7 superior al testigo con el 82.52 %.

El punto más importante de la planta es el botón, en la investigación realizada por Wang et al. (2022), el botón floral en su desarrollo genera una fuerte demanda que obliga a la planta a priorizar los fotoasimilados (azúcares) hacia este órgano y garantizar su viabilidad, por lo que, se prioriza la formación de la flor por encima de otras estructuras. Esto explica que, independientemente de si el aporte de bioestimulantes fue limitado (como en el tratamiento T6) o si se mantuvo únicamente el manejo del testigo (Citoquinina), la planta distribuyó energía hacia el botón, igualando los resultados de crecimiento floral entre todos los tratamientos, mientras que el efecto sistémico de las algas y aminoácidos se reflejó en la prevención de malformaciones en el resto del tallo (Wang et al., 2022).

Desde una perspectiva comercial, la acumulación de materia seca (MS) en los botones florales es un parámetro determinante para la exportación. Una mayor cantidad de MS se traduce en paredes celulares más densas y mayores reservas de carbohidratos estructurales en el tejido floral, lo que incrementa directamente la vida útil de la rosa, prolongando sus días de duración en florero (Gómez G et al., 2020). Además, una estructura floral con alta MS confiere mayor resistencia física y tolerancia al estrés durante procesos de empaque, transporte en cadena de frío y comercialización en mercados internacionales, garantizando así la calidad del producto final (Cabezas Espinoza & Basantes Vizcaino, 2025).

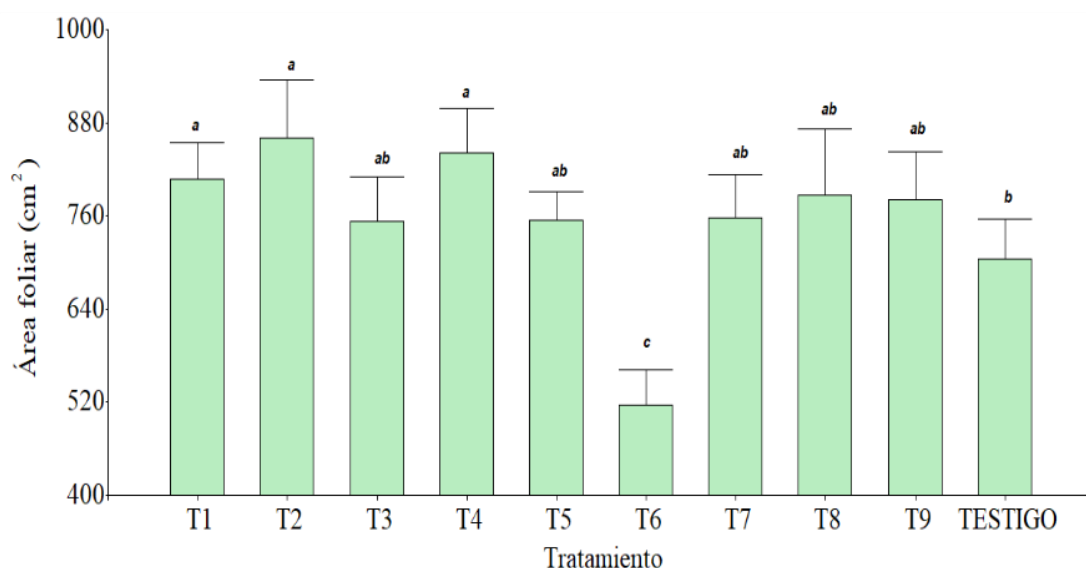
Finalmente, el tratamiento T6 presentó la menor acumulación de materia seca, esto concuerda con Martínez et al. (2024), quienes señalan que dosis que no alcanzan el umbral de respuesta fisiológica necesario para el cultivo tienden a generar un desarrollo vegetativo limitado, al no compensar adecuadamente las demandas energéticas de la planta ante condiciones de estrés ambiental.

#### 4.12 Determinación del área foliar (cm<sup>2</sup>)

En el análisis de varianza de la variable área foliar, se muestra que si existe una diferencia significativa entre tratamientos ( $F=2.72$ ;  $gl=9.67$ ;  $p=0.0092$ ). En la Figura 34 se muestra el área foliar de cada tratamiento.

**Figura 34**

*Área foliar (cm<sup>2</sup>) de los tallos de cada tratamiento en el cultivo de Rosa sp. en la variedad Freedom.*



Los tratamientos T2 ( $860.60 \text{ cm}^2 \pm 74.99$ ), T4 ( $841.13 \text{ cm}^2 \pm 57.94$ ) y T1 ( $807.37 \text{ cm}^2 \pm 47.43$ ), fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a los demás tratamientos. En cambio, el T6 ( $516.02 \text{ cm}^2 \pm 45.14$ ) registró el promedio más bajo en área foliar, mostrando diferencias estadísticas significativas respecto a los demás tratamientos, incluyendo el testigo ( $704.45 \text{ cm}^2 \pm 52.12$ ).

En la investigación realizada por Wakomi et al. (2025), los resultados fueron similares, ya que se evidenció que la aplicación de citoquininas influyó en el área foliar. El mayor tamaño de

hoja fue de 76.67 cm<sup>2</sup>, observado con la aplicación de 350 mg L<sup>-1</sup> de citoquinina. Por otro lado, en la investigación de Ferrás-Negrín et al. (2024), donde se aplicó Codafol 14-6-5 (nutrientes esenciales, micronutrientes quelatados y ácido N-acetil tiazolidin-4-carboxílico) a una concentración del 0.25 % en plantas de *C. arábica* en condiciones similares de vivero, se obtuvieron valores bajos en comparación con los de esta investigación. Se obtuvo un área foliar superior de 645.12 cm<sup>2</sup> cuando se aplicó en la etapa de 3 a 5 hojas del café, mientras que el control alcanzó 581.05 cm<sup>2</sup>. Esto se relaciona con el contenido de ácido N-acetil tiazolidin-4-carboxílico (AATC) de esta investigación con similares resultados, que favorece el mecanismo de la prolina y la cisteína para ayudar a la planta a superar condiciones estresantes y recuperarse cuando las condiciones sean propicias para su desarrollo.

En la presente investigación, el tratamiento T2 (dosis de 41.25 mg L<sup>-1</sup> de AATC) promovió mayor expansión foliar alcanzando un área de 860.60 cm<sup>2</sup> en comparación con los 704.45 cm<sup>2</sup> del testigo. Este comportamiento concuerda con la investigación de Alshallash et al. (2023) quienes al utilizar el ácido N-acetil tiazolidin 4-carboxílico (AATC) con dosis de altas (150 ppm equivalente a 150 mg L<sup>-1</sup> en relación p/v) obtuvieron mayor área foliar (4.18 cm<sup>2</sup>) con respecto a testigo (3.72 cm<sup>2</sup>), es decir un aumento mayor a 0.40 cm<sup>2</sup>. Demostrando así que los aminoácidos mejoran la absorción de nutrientes, aumentan la resistencia de las plantas al estrés y promueven el crecimiento (Aguilar et al., 2024); además de participar en funciones metabólicas y de transporte en las plantas, mejorando los procesos de respiración y fotosíntesis, promoviendo el crecimiento vegetal y el rendimiento (Pijanajota, 2023).

Por otro lado, los tratamientos T7 y T8 presentaron un comportamiento fisiológico distinto; si bien su área foliar no fue la mayor, su acumulación de materia seca foliar fue la más alta. Cabe destacar que la expansión celular (tamaño) y la acumulación de biomasa (densidad) no presentan una correlación lineal directa. Esto se evidencia en el estudio de Kumari et al. (2024) donde al aplicar una dosis alta de kinetina su expansión laminar fue menor (76.80 cm<sup>2</sup>) a comparación del tratamiento con una dosis más baja (92.26 cm<sup>2</sup>).

Según Lei et al. (2021), las plantas presentan una estrategia de compensación anatómica, donde un aumento excesivo del área foliar a menudo conduce a una disminución del grosor del tejido (fenómeno observado en los tratamientos T1, T2 y T4). Por el contrario, el uso de bioestimulantes en los tratamientos T7 y T8, fue clave para optimizar esta acumulación de materia seca y eficiencia metabólica sin requerir un desarrollo foliar excesivo (Rouphael &

Colla, 2020). Esto explica fisiológicamente por qué T7 y T8 son estadísticamente superiores en biomasa seca a pesar de no reflejar los valores más altos en expansión foliar.

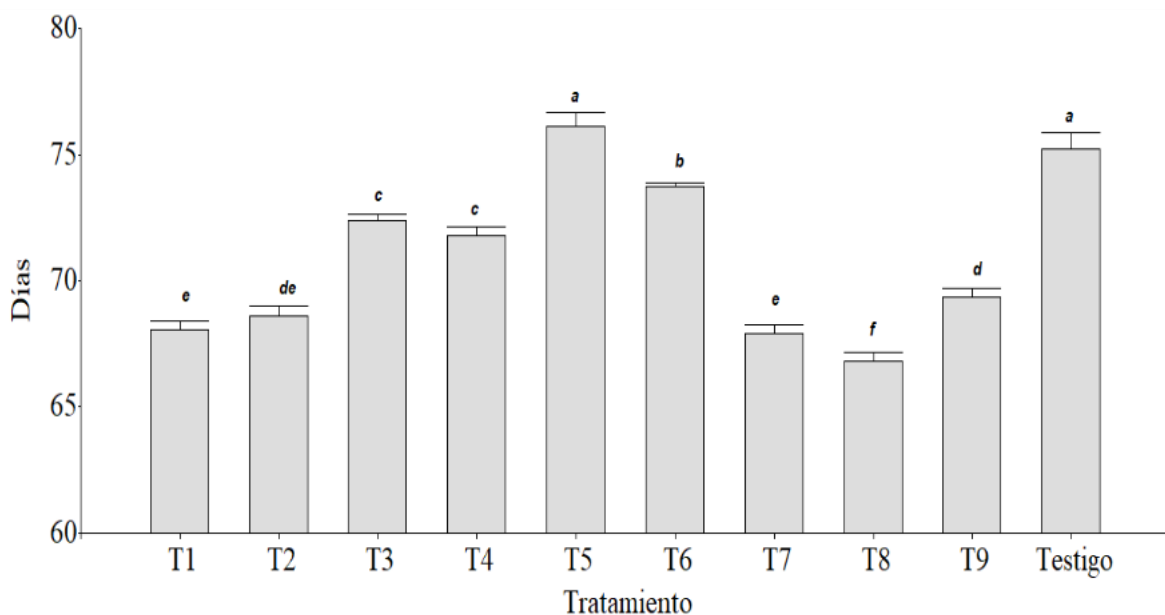
Finalmente, el testigo y el tratamiento T6 mostraron bajo desarrollo foliar, evidenciando que la falta de un estímulo hormonal y cantidad adecuada puede desencadenar bajos rendimientos. En el caso del testigo (una sola hormona), Basile et al. (2021) señalaron que, si bien la aplicación de una sola hormona sintética por sí sola puede estimular fuertemente la división celular, carece de los precursores bioquímicos necesarios para mantener este crecimiento de forma sostenida. Por su parte, el tratamiento T6, Ertani et al. (2013) indican que cuando la estimulación hormonal no está acompañada de un adecuado soporte metabólico, se limita la síntesis de componentes estructurales y la expansión celular, reduciendo el desarrollo foliar.

#### 4.13 Días a la cosecha (días)

El análisis de varianza realizado para la variable días a la cosecha ( $F=74.26$ ;  $gl=9,1012$ ;  $p=0.0001$ ) evidenció que el tiempo desde el pinch hasta la cosecha varió significativamente según el tratamiento aplicado. En la Figura 35 se muestra los días transcurridos hasta la cosecha de cada tratamiento.

**Figura 35**

*Días transcurridos hasta el corte de los tallos de cada tratamiento en el cultivo Rosa sp. Var. Freedom.*



La mayor precocidad se registró con la aplicación del T8, siendo cosechado a los 66.84 días, seguido de los tratamientos T7 (67.90 días), T1 (68.06 días), T2 (68.60 días) y T9 (69.38 días). Al acortar el tiempo que los tallos permanecen en etapas de desarrollo como arroz, arveja y garbanzo, el botón logra su madurez comercial de forma acelerada.. Por otro lado, el T6 (73.77 días), el T5 (76.07 días) y el testigo (75.18 días) mostraron ciclos más prolongados, destacando el T5 con el período más extenso y una diferencia de 8.17 días respecto al T8.

Este comportamiento se fundamenta en lo expuesto por Wu et al. (2021), quien señala que las citoquininas, al regular la partición de nutrientes, pueden inducir un retraso en las transiciones de desarrollo si la planta no cuenta con el soporte energético necesario bajo condiciones de estrés. En el caso del T5, la dosis aplicada no logró activar las rutas de aclimatación metabólica necesaria frente a las temperaturas máximas de 34.77 °C y la humedad relativa (HR) mínima de 35.70 % registradas (Figura 20 y 21). Al superar el umbral crítico de los 30 °C, el estímulo hormonal exógeno inadecuado de T5 pudo haber provocado un gasto metabólico secundario, alterando la velocidad de diferenciación y alargando la duración de los estadios fenológicos intermediarios. Esto coincide con lo observado por Chancusig (2024), quien al aplicar citoquinina (90 ppm) y aminoácidos libres (15 %) en dosis de 0.50 a 1 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> en la variedad Mondial, obtuvo ciclos prolongados de 70 días sin diferencias estadísticas; esto refuerza que los balances hormonales subóptimos pueden causar desbalances fisiológicos que igualan o retrasan el desarrollo respecto a un manejo convencional.

Fisiológicamente, el retraso fenológico bajo estrés térmico e hídrico se asocia con el cierre estomático y la consecuente restricción en el transporte de carbohidratos hacia los sumideros (Anastacio-Ángel et al., 2024). Sin embargo, la efectividad de los bioestimulantes radica en su capacidad para actuar como mitigadores de estrés. Al respecto, Kumari et al. (2024) observaron variaciones significativas al evaluar distintas dosis de kinetina (5, 10, 15 y 20 ppm) en clavel poeta (*Dianthus barbatus* L.), se observaron variaciones significativas donde el tratamiento con la dosis más alta logro alcanzar 74,66 días hasta la antesis floral (cosecha) es decir, una reducción del 5.88 % con respecto al testigo que duro 79.33 días. Asimismo, Viscaino (2023) reportó una diferencia de 17 días a la cosecha en la variedad Explorer, mediante el uso de algas marinas (11.7 % p/v) y kinetina (0.009 % p/v) a una dosis de 1.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>. Asimismo, Mejía y Reibán (2020) reportaron 83 días en la variedad Freedom aplicando una concentración de 1.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> de aminoácidos y citoquininas (3000 ppm), mientras que el testigo presentó 85 días, reflejando un mejor aprovechamiento de asimilados. Estos antecedentes confirman que la

optimización de los días a la cosecha depende de la capacidad del bioestimulante para dinamizar cada estadio del ciclo fenológico.

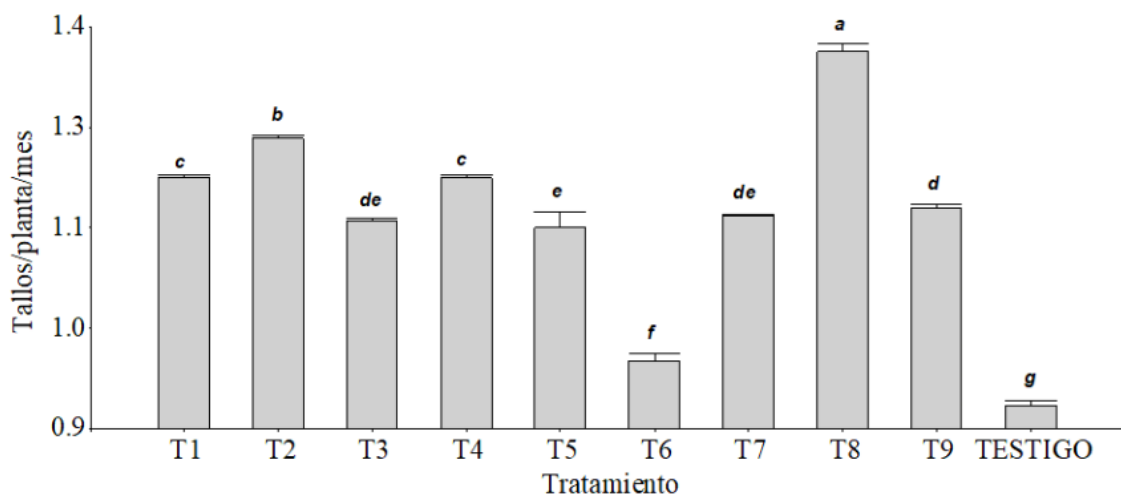
Finalmente, los tratamientos T1, T2, T7, T8 y T9 demostraron una competencia biológica superior al regular el balance hídrico interno y mantener la continuidad fotosintética a nivel meristemático (Anastacio-Ángel et al., 2024). La relación entre los tiempos de los estadios y el tiempo final de recolección es evidente al contrastar con los datos de Grijalva (2018), quien reporta un ciclo de 82 días para la variedad Freedom bajo manejo tradicional; en la presente investigación, la optimización lograda por el T8 redujo este período a los 65.70 días, demostrando que una dosificación equilibrada de kinetina y AATC maximiza la eficiencia metabólica del cultivo a pesar de las condiciones de elevado DPV registradas.

#### 4.14 Productividad (tallos/planta/mes)

En el análisis de varianza de la variable de productividad existe una significancia entre los tratamientos ( $F=27.94$ ;  $gl=9.27$ ;  $p=0.0001$ ). En la Figura 36 se observa la productividad que obtuvo cada tratamiento en el cultivo de rosas.

#### Figura 36

*Productividad en tallos/planta/mes del cultivo de Rosa sp. Var. Freedom al aplicar la combinación de dos bioestimulantes.*



En términos de productividad, la aplicación del T8 logró los mejores resultados con 1.35 tallos/planta/mes, diferenciándose significativamente como la mejor opción. Le siguió el T2 (1.24 tallos), que superó estadísticamente al grupo conformado por T4 y T1, siendo estos

estadísticamente iguales. Por el contrario, el T6 registró el segundo rendimiento más bajo (0.95 tallos), ubicándose solo por encima del testigo, que tuvo la producción más baja del experimento (0.89 tallos).

Para contextualizar el impacto de los tratamientos, es fundamental considerar el rendimiento estándar de la variedad, según catálogo técnico Rosen Tantau (2005), bajo condiciones de manejo convencional, la variedad de rosa Freedom alcanza una productividad esperada de 1.20 tallos/planta/mes. En la investigación realizada por Zacarias (2018), se realizó una estandarización de los datos presentados los cuales reportaron una productividad de 0.70 tallos/planta en temporada de San Valentín (ciclo de 21 días) en la variedad Freedom con el uso de bioles, es decir un valor equivalente a 1 tallos/planta/mes, mientras que su tratamiento testigo alcanzó apenas 0.97 tallos/planta/mes. En comparación, los resultados de este estudio son altamente significativos mediante el uso de reguladores trihormonales, ya que tienen un efecto favorable sobre las plantas y mejoran su capacidad para oponer escenarios ambientales adversos, actuando sobre el metabolismo primario o secundario (Bulgari et al., 2019).

Esta brecha productiva se encuentra vinculada estrechamente a los registros de las Figuras 20, 21 y 25. Durante los periodos de monitoreo, especialmente en el 8 y 9, el cultivo enfrentó temperaturas críticas desde 6 °C hasta 34 °C y niveles de humedad relativa mínima del 35 %. Al respecto, Anastacio-Ángel y colaboradores (2024) indican que el estrés térmico e hídrico incrementa el Déficit de Presión de Vapor (DPV), lo cual provoca el cierre estomático y una disminución en la tasa fotosintética.

En estas condiciones fisiológicas adversas, la planta prioriza mantener su homeostasis vegetativa y asegurar su supervivencia en lugar de desarrollar nuevos brotes. Según Khan (2025), el estrés abiótico en niveles altos interfiere con la señalización hormonal, provocando un estado de protección metabólica que frena el avance hacia las fases reproductivas para preservar energía. Debido a que el testigo y el T6 carecieron de una bioestimulación efectiva para contrarrestar estos efectos, su capacidad de diferenciación floral se vio notablemente reducida, resultando en las deficiencias observadas tanto en calidad como en rendimiento. En contraste, los tratamientos más efectivos lograron conservar la actividad metabólica a pesar de las severas variaciones ambientales, optimizando así la distribución de asimilados hacia la producción comercializada de tallos.

El análisis comparativo indica que la productividad y la aparición de tallos ciegos son variables que dependen de la adaptabilidad térmica provocada por el tratamiento. Mientras que el testigo y el T6 se vieron afectados por el estrés climático, registrando altas tasas de aborto floral (tallos ciegos), los tratamientos T7 y T8 mostraron una respuesta fisiológica más robusta. Esta variación no se debe a la capacidad de brotación, la cual alcanzó el 100 % en todos los casos gracias a las citoquininas, sino a la estabilidad del meristemo apical.

Desde una perspectiva molecular, la ventaja del T7 y T8 en brotación, porcentaje de ciegos y en productividad en condiciones climáticas extremas se atribuye a la habilidad de la combinación de un regulador de crecimiento y un bioactivador natural, los cuales funcionan como agentes que rescatan el metabolismo frente al estrés dual (calor/frío). De acuerdo con Aftab y Hakeem (2022), temperaturas por debajo de 15 °C disminuyen la fluidez de las membranas celulares y ralentizan el transporte de fotoasimilados mediante el floema, lo cual “congela” el desarrollo de nuevos brotes.

No obstante, la aplicación de altas dosis (superiores a 0.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>) de los productos B1 y B2 fomenta la acumulación de solutos compatibles tales como glicina-betaína y prolina. Estos compuestos no solo ofrecen protección ante temperaturas elevadas hasta 40 °C, sino que también actúan como anticongelantes celulares que preservan la integridad celular a temperaturas menores a 15 °C, permitiendo así que continúe el metabolismo. Como argumentan Ali & Jayaraman (2021), este refuerzo exógeno facilita que las plantas modulen su expresión génica asociada a respuestas, impidiendo que el meristemo apical interrumpa su diferenciación debido a carencias energéticas o daño estructural.

Al comparar con la productividad obtenida por Carua (2009), quien evaluó la combinación de dos reguladores de crecimiento con diferentes dosis (Biozyme 1 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>+ Bioplus 0.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> y Biozyme 1.5 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>+ Bioplus 7 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>) y con frecuencias entre 7 y 15 días en la variedad Forever Young, se observó que la aplicación de ambos reguladores logró una productividad mayor (0.75 tallos/planta/mes) a dosis más altas y con una frecuencia de 15 días, frente al testigo que obtuvo 0.60 tallos/planta/mes. Carua (2009) concluyó que la aplicación de reguladores de crecimiento sí ayuda a incrementar la productividad del cultivo de rosas, debido a las fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas, además de los aminoácidos que contienen, lo que permite lograr un buen potencial genético.

#### **4.15 Análisis económico (C/B)**

Para esta variable de análisis económico en la Tabla 18 se muestra el impacto que obtuvo cada tratamiento con respecto a la rentabilidad del sistema productivo de rosas. Donde se observa que en los egresos existió una variación mínima, oscilando entre 46 103.42 USD en testigo y 49 529.56 USD en el tratamiento T8. En cambio, en los ingresos el T8 (81 152.5 USD) obtuvo un mayor ingreso, seguido de T5 (74 690 USD) y T2 (74 415), siendo superiores al testigo que obtuvo un valor menor de 53 570 USD. De igual manera, en la utilidad neta, rentabilidad y en la relación costo- beneficio (C/B) se corrobora este patrón. Por lo tanto, se demuestra que el T8 es el tratamiento más atractivo para el productor, ya que confirma que una mayor inversión inicial en bioestimulantes los cuales incrementan la inducción a floración y reducen el estrés en el cultivo, pueden generar retornos económicos superiores.

La aplicación de bioestimulantes en la variedad Freedom, demostró reducciones cuantificables en el ciclo de cultivo frente al tratamiento testigo, el cual requirió 75.20 días a la cosecha con un costo unitario de 25.56 centavos por tallo. El tratamiento T8 obtuvo el mejor resultado al registrar 66.82 días a la cosecha, logrando un ahorro de 5.51 días de cultivo y una reducción de costos de 7.47 centavos por tallo respecto al testigo.

Mejorar la eficiencia en el campo no solo beneficia al productor, si no que eleva la competitividad de toda la industria florícola. El desarrollo de prácticas productivas más inteligentes tiene un impacto directo en el sector florícola. Tal como documentan Granda Sanmartín et al. (2024) al analizar la evolución económica de la floricultura en Ecuador, este sector mantiene un crecimiento constante impulsado por la alta exigencia internacional de rosas de primera calidad. En este contexto, incorporar herramientas como los bioestimulantes eficaces otorga a los productores una verdadera ventaja frente a sus competidores. Al final, optimizar el rendimiento no solo se traduce en mayores ingresos para cada finca, sino que fortalece la posición de la floricultura ecuatoriana en el mundo, recordando que su éxito histórico siempre ha dependido de la capacidad de innovar y ser eficientes.

Es importante destacar que la respuesta de las rosas no es igual ante cualquier tratamiento; depende mucho de la dosis y la frecuencia con la que se apliquen los productos. De hecho, como señala Carua (2009), existen combinaciones que resultan mucho más eficientes para la producción que otras. La razón de esto, según explican Zahid et al. (2021), es que los reguladores de crecimiento actúan sobre el metabolismo de la planta de manera distinta

dependiendo de la cantidad y del momento exacto de la aplicación. Por esta razón, al utilizar tratamientos con dosis mayores, se logra un impacto positivo mucho más evidente, mejorando no solo el desarrollo agronómico del cultivo, sino también la rentabilidad económica del productor.

**Tabla 18***Análisis económico de cada tratamiento aplicado en el cultivo de Rosas sp. de la variedad Freedom*

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T0</b>
<b>EGRESOS</b>	48 455.643	48 861.925	47 949.969	48 238.923	48 667.876	46 928.858	48 361.173	49 529.557	48 235.395	46 103.421
<b>INGRESO</b>	71 376.25	74 415	67 980	71 335	74 690	57 090	68 406.25	81 152.5	68 942.5	53 570
<b>UTILIDAD</b>	22 920.607	25 553.075	20 030.031	23 096.077	26 022.124	10 161.142	20 045.077	31 622.943	20 707.105	74 66.5787
<b>RENTABILIDAD (%)</b>	47.302245	52.296496	41.77277	47.878509	53.468788	21.652225	41.448698	63.84661	42.929275	16.195281
<b>RELACIÓN C/B</b>	1.4730225	1.522965	1.4177277	1.4787851	1.5346879	1.2165222	1.414487	1.6384661	1.4292928	1.1619528

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

En relación con el comportamiento agronómico, el tratamiento T9 con una dosis de  $1.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  del regulador de crecimiento (B1) y  $0.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  del bioactivador natural (B2), optimizó la calidad comercial del botón floral, alcanzando una longitud de 4.94 cm y un diámetro de 30.70 mm. Por otro lado, T7 con una dosis de  $1.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  (B1) y  $0.5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  (B2), registró tallos de 92.73 cm de longitud y 7.22 mm de diámetro, además de la mayor acumulación de materia seca (59.77 % tallos y 29.55 % hojas).

La eficiencia fisiológica y precocidad del cultivo fueron dominadas por el tratamiento T8 ( $1.25 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  del B1 y  $0.75 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$  del B2), el cual redujo el ciclo de cosecha a 65.70 días. Este resultado representa una precocidad de 16.3 días frente al estándar de la variedad Freedom (82 días), demostrando que la sinergia de estos productos acelera la transición de los estadios fenológicos.

Se concluye que la aplicación de concentraciones altas del bioactivador en los tratamientos T7 y T8 anuló la incidencia de tallos ciegos. Esto evidencia que el bioactivador natural actuó como un protector metabólico haciendo que el regulador de crecimiento mantuviera la división celular activa, demostrando que la acción sinérgica de los componentes aplicados acelera eficazmente la transición de los estadios fenológicos sin comprometer la calidad del tallo.

Respecto al análisis económico, el tratamiento T8 demostró la mayor viabilidad para el productor, con una productividad de 1.35 tallos/planta/mes y una relación beneficio/costo de 1.64. Esto confirma que la inversión en esta combinación técnica no solo mejora el rendimiento agronómico, sino que maximiza la rentabilidad bajo escenarios de estrés ambiental.

#### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios en varios ciclos productivos continuos para observar si el uso constante de los tratamientos en variedades de rosas cuyos colores o genéticas sean más propensos a desórdenes fisiológicos o tallos cortos actúan de la misma forma o mejoran más la calidad del cultivo.
- Es pertinente llevar a cabo un registro constante y diario de los factores ambientales (la temperatura, humedad relativa y el Déficit de Presión de Vapor) para observar la influencia que tiene cada uno estos en el cultivo a evaluar.

- Finalmente se recomienda evaluar variables de calidad postcosecha, como la vida en florero, para determinar si la optimización morfológica lograda en campo se traduce en una mayor vida útil después del corte. Asimismo, es pertinente cuantificar el índice de clorofila, con el fin de observar con precisión como las distintas concentraciones de los bioestimulantes utilizados influyen en la capacidad fotosintética y el vigor metabólico de la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abou-El-Ghait, E. M., Gomaa, A. O., Youssef, A. S. M. & El-Nemr, A. M. (2018). Effect of kinetin and GA<sub>3</sub> treatments on growth and flowering of *Dendranthema grandiflorum* cv. Art Queen plants. *Middle East Journal of Agricultural Research*, 7(3), 801–815.
- Aftab, T., & Hakeem, K. R. (2022). *Plant Abiotic Stress Physiology: Volume 2: Molecular Advancements* (1st ed.). Apple Academic Press.  
<https://doi.org/10.1201/9781003180579>
- Agrarios, T. (2017). Gibberellic acid effect on growing, quality and yielding of tomato plants under controlled conditions. *Temas Agrarios*, 22, 70-79.
- Aguilar, J., Quevedo, J., Chabla, J. & Barrezueta, S. (2024). Efectos de bioestimulantes en el comportamiento agronómico del cultivo de banano. *Polo del Conocimiento*, 9(3), 439-453.
- Ahmad, I., Ashfaq, H., Dole, J., Hussain, T., Safdar, H., & Jabeen, A. (2025). Biostimulants improve growth, yield and quality of *Eustoma grandiflorum* L. and *Matthiola incana* L. *Ornamental Horticulture*, 31. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v31.e312816>
- Al-Khuzaei, A., & Al-Asadi, F. (2019). Effect of Seaweed Extract Spray on Vegetative and Flowering Growth of Two Narcissus Species. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32, 134-139. <https://doi.org/10.37077/25200860.2019.263>
- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(3), 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Alshallash, K., Elnaggar, I., Abd El-wahed, A. E.-W., Fahmy, A., Tawfeeq, A., Hammad, E.,...Taha, I. (2023). Using chitosan nanoparticles and N-acetyl thiazolidine 4-

- carboxylic acid for olive trees efficiency raising, improving fruits properties and oil quality. *Brazilian Journal of Biology*, 83, 11. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273643>
- Anastacio-Ángel, G., González-Fuertes, J., Zermeño-González, A., Robledo-Olivo, A., Lara-Reimers, E. & Peña-Ramos, F. (2024). Efecto de Bioestimulantes en Crecimiento, Fisiología y Calidad Bioquímica de Frambuesa (*Rubus idaeus* L.) Sometida a Estrés Hídrico. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-14. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1772>
- Ascanta Tocango, W. & Quishpe Imba, E. (2024). *Eficiencia agronómica de dos variedades de rosa (rosa sp), a la aplicación de tres dosis de bioestimulante foliar, en el cantón Cayambe, provincia Pichincha* [Título de Agronomía, Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/7403>
- Basile, B., Brown, N., Valdes, J. M., Cardarelli, M., Scognamiglio, P., Mataffo, A., Rouphael, Y., Bonini, P., & Colla, G. (2021). Plant-Based Biostimulant as Sustainable Alternative to Synthetic Growth Regulators in Two Sweet Cherry Cultivars. *Plants*, 10(4), 619. <https://doi.org/10.3390/plants10040619>
- Bonilla-Cruz, S., Reyes-Gómez, J. P., Martínez-Reséndiz, G., Extocapan-Molina, J., Armenta-Barrios, J. A., & Juárez-Santillán, L. F. (2022). Evaluación de fitohormonas y peróxido de hidrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 1(1), 276-282.
- Brown, P., & Saa, S. (2015). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, 6, 671.
- Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*, 9, 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>

- Cabezas Espinoza, C. D., & Basantes Vizcaino, T. F. (2025). Evaluación de la calidad del material genético de rosas (*Rosa SP.*) en la etapa de Postcosecha, Cayambe-Pichincha.
- Gómez G, C., Herrera, A., & Flórez Roncancio, V. (2020). Consideraciones sobre factores que influyen en la longevidad poscosecha de flores de corte. In (pp. 191-212).
- Cadena Chauca, A. (2025). *Evaluación de reguladores de crecimiento más calcio sobre la calidad del botón floral en el cultivo de rosas (Rosas sp) en el cantón Bolívar* [Título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Cardona Duque, S. (2024). *Bioestimulación Vegetal y su Impacto en la Producción Agrícola* [Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Caldas].
- Carua Guaigua, P. R. (2009). *Evaluación de dos productos reguladores de crecimiento con diferentes dosis y frecuencias de aplicación en la variedad de Rosas forever young bajo invernadero* [Título de Ingeniero Agrónomo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- CFN. (2023). *Ficha Sectorial Flores III*. Biblioteca CFN.
- Chancusig Viturco, K. A. (2024). *Evaluación de bioestimulantes a diferentes dosificaciones en el cultivo de Rosa (Rosa sp.) de la variedad Mondial® en la zona de Pupana norte, Saquisilí, Cotopaxi 2023–2024* [Título de Ingeniería Agronomía, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Ministerio de Defensa Nacional del Ecuador.

- Chávez, J. C., Bravo, K. Z., Delgado, D. L., García, G. C., & Gallo, F. M. (2023). Calidad fisiológica y crecimiento temprano de plántulas de maíz en función de dosis y tiempos de remojo de semillas en bioestimulante. *South Sustainability*, 4(1), e076-e076.
- De Lucia, B., & Vecchietti, L. (2012). Type of bio-stimulant and application method effects stem quality and root system growth in L.A. lily. *European Journal of Horticultural Science*, 77, 10-15. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2012/3031093>
- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A. et al. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulates short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant Soil*, 364, 145–158. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1335-z>
- EXPOFLORES. (2024). *Informe estadístico anual*. <https://expoflores.com/wp-content/uploads/2024/08/Expoflores-agosto-2024.pdf>
- Farquharson, K. L. (2017). Folate metabolism is linked to redox balance in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 29(11), 2682. <https://doi.org/10.1105/tpc.17.00766>
- Fernández, V., & Brown, P. H. (2013). From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers In Plant Science*, 4, 289. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>
- Ferrás-Negrín, Y., Bustamante-González, C., Pérez-Salina, V. (2024). Ciclos de aplicación de un bioestimulante sobre el desarrollo de plantas de café en viveros. *Agronomía Costaricense*, 48(2), 142-149. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v48i2.62494>
- Frick, E. & Strader, L. (2017). Roles for IBA-derived auxin in plant development. *Journal of Experimental Botany*, 69(2), 169–177. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx298>
- Grijalva Izquierdo, D. (2018). *Evaluación de la eficacia de tres bioestimulantes en el cultivo de rosa (Rosa sp.) variedades freedom y ámsterdam en el cantón Pedro Moncayo*,

*provincia de Pichincha* [Tesis de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte].

Gutiérrez Hernández, J. O., Fitz Rodríguez, E., López Cruz, I. L., & Ruíz García, A. (2020). Control del déficit de presión de Vapor (dpvc) en Cultivos de Invernadero con Sistemas de Nebulización.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024). *Boletín Técnico ESPAC 2023*. INEC.

Iza León, J. (2024). *Efecto de dosis de aplicación foliar de dos bioestimulantes a base de Ascophyllum nodosum en Rosa sp. variedad White O'hara*. Universidad Central del Ecuador.

Jarquín-Nieto, I. A., Rodríguez-Maciél, C., Lagunes-Tejeda, A., Llanderal-Cázares, C., Pinto, V. M., Nava-Díaz, C. & Silva-Aguayo, G. (2014). Citoquininas y protector floral para incrementar la calidad del botón floral en rosa de corte. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(3), 297-305. 10.5154/r.rchsh. 2013.05.020

Jiménez Balarezo, L. P. (2019). *Respuesta del cultivo de Rosa sp. variedad Freedom al tercer y cuarto ciclo de aplicación de un bioestimulante* [Título de Ingeniería Agronómica, Universidad Central del Ecuador].

Jiménez-Noriega, M. S., Honorato, G., Arriaga-Frías, A., Mandujano-Piña, M., & León-Macedo, A. (2022). Contenido de humedad y rehidratación en tallos florales de rosa expuestos al ambiente. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(7), 1159-1170.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3083>

- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En F.A. Squeo & L. Cardemil (Ed.), *Fisiología Vegetal*. Ediciones Universidad de La Serena, Chile (Capítulo XV).
- Katsoulas, N., & Stanghellini, C. (2019). Modelling Crop Transpiration in Greenhouses: Different Models for Different Applications. *Agronomy*, 9(7), 392.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy9070392>
- Khan, A., & Prusiński, J. (1989). Kinetin Enhanced 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid Utilization during Alleviation of High Temperatures Stress in Lettuce Seeds. *Plant physiology*, 91, 733-737. <https://doi.org/10.1104/pp.91.2.733>
- Khan, N. (2025). Decoding phytohormone signaling in plant stress physiology: Insights, challenges, and future directions. *Environmental And Experimental Botany*, 231, 106099. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2025.106099>
- Liu, J., & Chan, W. (2015). Quantification of thiazolidine-4-carboxylic acid in toxicant-exposed cells by isotope-dilution liquid chromatography-mass spectrometry reveals an intrinsic antagonistic response to oxidative stress-induced toxicity. *Chemical research in toxicology*, 28(3), 394–400. <https://doi.org/10.1021/tx500342w>
- Lei, Z., et al. (2021). Leaf trait covariation and controls leaf mass per area (LMA) following cotton domestication. *Annals of Botany*, 130(2), 235-248.
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. GOB.EC.
- López, A. (2021). *Bioestimulación del crecimiento del botón floral en el cultivo de rosa (Rosa sp.), variedad orange crush* [Título de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato].

- Martínez, J. E. A., Guerrero, J. N. Q., Carrillo, J. E. C., & Unda, S. A. B. (2024). Efectos de bioestimulantes en el comportamiento agronómico del cultivo de banano. *Polo del Conocimiento*, 9(3), 439-453.
- Massuh Marcillo, E. M., Castro Landín, A., Gabriel Ortega, J., Vera Tumbaco, M., & Narváez Campana, W. (2022). Producción de plántulas de calidad de papaya (*Carica papaya* L.) utilizando bioestimulantes bajo condiciones de vivero en fibra de coco. *Revista Alcance*, 5(1). <https://doi.org/10.47230/ra.v1i5.11>
- Mejía Jarama, M. A. y Reibán Alberca, N. V. (2020). *Respuesta de tres variedades de rosa (Rosa spp.) a distintas concentraciones de biorreguladores de plantas en Biblián-Ecuador*. [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cuenca].
- Méndez Delgado, S. (2023). *Estado, uso e importancia de Fitohormonas de síntesis y Estimulantes de crecimiento en el Cultivo de rosa (Rosa sp)* [Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales].
- Miceli, A., Moncada, A., Sabatino, L., & Vetrano, F. (2019). Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System. *Agronomy*, 9, 382. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070382>
- Montalvo Córdova, M. G. (2020). *Aplicación del biol como biofertilizante en la nutrición suplementaria del cultivo de rosas (Rosa sp.), Var. freedom cantón Cotacachi* [Título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica del Norte].
- Ortiz López, C. A. (2023). *Evaluación de tres tiempos de pinzado en la formación de plantas de rosas (Rosa sp), para exportación bajo cubierta en la Granja Experimental Querochaca* [Título de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato].

- Osorio Hernandez, R., Duarte-Gualdrón, A., & Mahecha-Fernández, D. (2022). Simulación climática de un invernadero para rosas. *Revista Politécnica*, 18, 107-114.  
<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n36a8>
- Pham Thi Phuong, T., Hoa, L. V., Le Thanh, T., & Trinh, V. (2023). Effects of different plant growth regulators as the foliar application on growth and flower quality of potted rose (*Rosa chinensis* Jacq. cv. Nhung). *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development*, 15, 45-50. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2023.019>
- Pinanjota Quishpe, L. A. (2023). *Evaluación de la eficiencia del extracto tecnológico microbiano en la producción de tallos florales en el cultivo de rosa (Rosa sp.) variedades G672 y White OHara Cayambe–Ecuador* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Poveda, L. (2021). Sector florícola ecuatoriano y afectación en mercado internacional a causa del covid19. *South Florida Journal of Development*, 2(3), 4609-4621.
- Prisa, D., & Spagnuolo, D. (2023). Plant production with microalgal biostimulants. *Horticulturae*, 9(7), 829. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070829>
- Quiroz Hernández, W. R. (2015). *Evaluación del comportamiento del botón de la variedad de rosa (Rosa sp) Freedom, utilizando cinco colores de capuchón en finca florícola manuela Tabacundo 2014* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Ramos Lema, M. F. (2024). *Efecto de las aplicaciones de diatomitas en las características químicas de suelo en el cultivo de rosas (Rosa Sp. Var. Coldplay), Bolívar, Carchi* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].
- Robles-Bermúdez, A., Rodríguez-Maciel, J., Lagunes-Tejeda, A., Gómez-Aguilar, R., Gutiérrez-Espinosa, J., Díaz-Gómez, O., & Martínez-Cárdenas, L. (2012). Giberelinas,

- citocininas y protector floral en la calidad de la flor de rosal (*Rosa x Hybrida*).  
*Bioagro*, 24(1), 45-50.
- Rodríguez, W. E., & Flórez, V. J. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 238-246.
- Rodríguez Yáñez, M. (2022). *Efecto de dosis y frecuencias de aplicación de un bioestimulante en la calidad de la rosa variedad comercial super sun* [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador].
- Robalino Cacuango, B. A. (2022). *Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes sobre la calidad comercial en el cultivo de rosas (Rosa sp.) variedad Explorer* [ Título de Ingeniería Agronómica, Universidad Central del Ecuador].
- Rosen Tantau. En: [www.rosen-tantau.com](http://www.rosen-tantau.com); consulta: julio 2005.
- Rosero Chávez, M. Y. (2018). *Evaluación de la incidencia y severidad de nematodos y artrópodos plaga en el cultivo de rosas (Rosa spp.) variedad Freedom, en la finca flor de Azama, cantón Cotacachi, provincia Imbabura* [Título de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte].
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in plant science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Sadique, S., Ali, MM, Usman, M., Hasan, MU, Yousef, AF, Adnan, M., Gull, S. y Nicola, S. (2021). Efecto de los RFG suministrados por vía foliar sobre el crecimiento floral y la actividad antioxidante de la caléndula africana (*Tagetes erecta L.*). *Horticulturae*, 7(10), 378. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100378>

- Sanmartín, M. A. G., Corrales, E. E. L., Armijo, F. G. N., & Merlo, O. J. T. (2024). La evolución económica de la floricultura en el Ecuador. *Dilemas Contemporáneos Educación Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v11i2.4035>
- Shamshiri, R. R., Jones, J. W., Thorp, K. R., Ahmad, D., Man, H. C., & Taheri, S. (2018). Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review. *International agrophysics*, 32(2), 287-302.
- Sovia, H. R. (2024). Efecto de dos bioestimulantes naturales en la producción de dos variedades de Rosa (*Rosa sp.*) bajo invernadero en el distrito de Quiquijana en Cusco–Perú. *Ciencia y Tecnología*, 10(20).
- Suliman, A. A., Elkhawaga, F. A., Zargar, M., Bayat, M., Pakina, E., & Abdelkader, M. (2024). Boosting Resilience and Efficiency of Tomato Fields to Heat Stress Tolerance Using Cytokinin (6-Benzylaminopurine). *Horticulturae*, 10(2), 170.
- Tuqueres Criollo, J. D. (2023). *Influencia de reguladores de crecimiento en la calidad de los tallos florales en el cultivo de rosa (*Rosa sp.*) para exportación bajo invernadero* [Título de Ingeniero en Agropecuaria, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].
- Vaca Betancourt, F. D. (2022). *Inclusión de lodos lácteos en la elaboración de compost y su efecto como sustrato en plántulas de acelga (*beta vulgaris var. cicla l.*), en la granja experimental “La Pradera”, Chaltura* [Título de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte].
- Villagrán, E., Rocha, G. a. O., Mojica, L., Florez-Velazquez, J., Aguilar, C. E., Gomez, L., Gomez, D., Antolinez, E., & Numa, S. (2024). Scientific analysis of cut flowers: a review of the main technical issues developed. *Ornamental Horticulture*, 30. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v30.e242699>

- Viscaino Guaras, E. E. (2023). *Respuesta del cultivo de rosa Variedad Explorer a la aplicación de dos tipos de bioestimulantes* [Tesis de Doctorado, Universidad Central del Ecuador].
- Wakomi, M., Gathungu, G., & Abucheli, G. (2025). Effect of Calcium Chloride, Cytokinin and Abscisic Acid on Growth of Rose Cut flower (*Rosa hybrida*). *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 12, 34-53.  
<https://doi.org/10.9734/ajahr/2025/v12i2367>
- Wang M, Ogé L, Pérez Garcia M-D, Launay-Avon A, Clément G, Le Gourrierec J, Hamama L and Sakr S (2022) Antagonistic Effect of Sucrose Availability and Auxin on Rosa Axillary Bud Metabolism and Signaling, Based on the Transcriptomics and Metabolomics Analysis. *Front. Plant Sci.* 13:830840. doi: 10.3389/fpls.2022.830840
- Wu, W., Du, K., Kang, X., & Wei, H. (2021). The diverse roles of cytokinins in regulating leaf development. *Horticulture research*, 8(1), 118. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00558-3>
- Yakhin, O. I., Lubyaynov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers In Plant Science*, 7(6), 37-39.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- Yanchapaxi, J., Calvache, M., & Lalama, M. (2010). Elaboración de un Manual Técnico-Práctico del cultivo de rosas (*Rosa sp.*) para Exportación. *Rumipamba*, XXIV(1), Cap.4.
- Yong, A. (2004). El cultivo del Rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales*, 25(2), 53-67.  
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217832008.pdf>

Zacarias Guale, J. C. (2018). *Evaluación de la productividad y calidad del cultivo de rosas (rosa spp.) variedad freedom bajo aplicaciones de biol, cantón Cotacachi* [Título de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Técnica del Norte].

## ANEXOS

### *Anexo 1*

*Ficha técnica del Bioestimulante 1 utilizado en la investigación en combinación con el Bioestimulante 2*



#### FICHA TÉCNICA

#### REGULADOR DE CRECIMIENTO DE ORIGEN NATURAL

**NOMBRE COMERCIAL: SIAGROKING Z**

#### COMPOSICION QUIMICA

Citoquininas ( <i>Kinetina</i> )	1,38 % p/v
Auxinas ( <i>Ácido Indobutírico</i> )	0,617 % p/v
Giberelinas AG-3	0,013 % p/v

**SIAGROKING Z:** Es un regulador de crecimiento vegetal (Trihormonal), formulado sobre una base de extracto de algas de origen natural conteniendo aminoácidos, macro nutrientes y micro nutrientes que favorecen los diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas, como son la división, y elongación celular favorece el proceso de fotosíntesis induciendo a la floración en los cultivos, dando mayor número de flores y por consiguiente mayor cantidad de frutos por planta.

#### BENEFICOS DEL PRODUCTO

- Favorece el cuajado, la tuberización y el desarrollo de frutos en los diversos cultivos.
- Proporciona a la planta mayores posibilidades de reactivarse después que se presenten condiciones de estrés (fisiológico, climático o de manejo agronómico).
- Incrementa el rendimiento y la calidad de las cosechas.
- Retarda la maduración prematura aumentando la vida post cosecha de los frutos.
- Retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales aumentando la vida productiva de los cultivos

#### DOSIS RECOMENDADAS

**SIAGROKING Z:** Aplicar de forma foliar desde **0.5–1cc/L de agua.**

#### CULTIVOS RECOMENDADOS

**SIAGROKING Z:** puede ser utilizado siguiendo las instrucciones de la etiqueta:



CULTIVO	DOSIS
Rosas ( <i>Rosa</i> sp.)	1L/1000 L de agua
Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> )	1L/800 L de agua
Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> )	1L/800 L de agua
Frutilla ( <i>Fragaria vesca</i> )	1L/800 L de agua
Tomate riñón ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	1L/800 L de agua
Pimiento ( <i>Capsicum annuum</i> )	1L/800 L de agua
Banano ( <i>Musa acuminata</i> AAA)	1L/800 L de agua
Arroz ( <i>Oriza sativa</i> )	1L/800 L de agua

**NÚMERO DE APLICACIONES:** según la necesidad de la planta cada 8 a 15 días.

**INCOMPATIBILIDAD:** no presenta incompatibilidad con otros productos de uso agrícola.

Se recomienda realizar una prueba a escala antes de aplicar en campo.

**PRESENTACIONES DISPONIBLES**

125ml 250ml 500ml 1L 4L 10L 20L

FABRICADO POR: INNONUTRIFIELD CIA. LTDA Y DISTRIBUIDO EN ECUADOR POR: SIAGROS

**PRECAUCIONES** Agítese antes de usar. Debe guardarse en su empaque original en lugar seguro, fresco y seco. No cambie su envase original. Manténgase fuera del alcance de los niños, los animales y personas irresponsables. No mezcle con productos que no sean aprobados por el fabricante. Realice primero una prueba de compatibilidad en un recipiente empleando las proporciones que utilizará en la aplicación para establecer la compatibilidad física y de fitotoxicidad de los productos. **PELIGRO** Su ingestión es dañina. Evite su inhalación. Puede causar irritación en la nariz, garganta y/o piel. Evite el contacto con ojos, piel y ropa. En caso de que haya sido ingerido, provoque el vómito introduciendo el dedo en la garganta del paciente. Nunca le dé nada en forma oral a una persona inconsciente. En caso de que los ojos hubieran estado en contacto, lavarlos con abundante agua por lo menos 15 minutos. Obtenga ayuda médica. **GARANTÍA** El fabricante garantiza que este producto contiene los ingredientes especificados y razonablemente sirve para los propósitos aquí indicados cuando se usa de acuerdo a las instrucciones bajo circunstancias normales. Nadie, excepto el representante legal del fabricante, está autorizado para hacer alguna garantía o instrucción sobre el producto. Debido a que el almacenamiento, la época, lugar y dosis de aplicación están fuera del control del vendedor, eventuales daños a causa del mal uso o almacenamiento, no son responsabilidad del vendedor.

## Anexo 2

Ficha técnica del Bioestimulante 2 utilizado en la investigación en combinación con el Bioestimulante 1



# FICHA TÉCNICA

# Agrocysteína

## NUTRICIÓN VEGETAL

### BIOACTIVADOR DE ORIGEN NATURAL

#### 01

#### COMPOSICIÓN

N-acetil-tiazolidin-4-carboxílico AATC	5,50%p/v
Ácido Fólico	2,00%p/v
Ácido glutámico	2,50%p/v

#### 02

#### DESCRIPCIÓN

AGROCYSTEINA: ayuda a obtener un cultivo más saludable, con una actividad metabólica equilibrada y más eficiente, especialmente durante aquellas etapas fenológicas críticas como la floración. Está específicamente diseñado para superar las condiciones estrés abióticas causadas por la sequía, el calor extremo, la alta radiación UV, el estrés salino y, en algunos casos, la

fitotoxicidad por herbicidas. Todas estas condiciones ambientales adversas, que ponen a la planta en una situación de verdadero desafío.

- ✓ AATC se utiliza en el sector agrícola para mejorar el crecimiento vegetativo de las plantas al superar el periodo crítico de desarrollo de la planta.
- ✓ El AATC ha demostrado que protege las membranas y las proteínas contra los efectos adversos y temperaturas extremas.
- ✓ Puede actuar como un antioxidante, el aminoácido L-cisteína juega un papel importante en una amplia gama de reacciones bioquímicas, la L-cisteína mejora las actividades enzimáticas, como la respiración, la transpiración y la fotosíntesis.
- ✓ Tanto la cisteína como el ácido glutámico son importantes en la quelación de Zn, Ni, Cu
- ✓ El ácido fólico es una molécula que pertenece al complejo de vitaminas B, presente de forma natural en las hojas vegetales. Tiene efecto sinérgico con L-cisteína, mejora la absorción de cationes, como Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu.

AGROCYSTEINA estimula los procesos fisiológicos de los cultivos, aumenta la producción de azúcares, proteínas y vitaminas, mejorando la calidad de las cosechas, al no ser tóxico puede aplicarse con absoluta seguridad en todos los cultivos incluyendo los de exportación. AGROCYSTEINA ayuda a que la planta aproveche mejor los elementos nutritivos que tiene disponibles.



### 03

#### RECOMENDACIONES DE USO Y DOSIS

◆ AGROCYSTEINA: Aplicar de forma foliar desde 0.5–1cc/L de agua.

CULTIVO	DOSIS
Rosas ( <i>Rosa</i> sp.)	500ml/1000 L de agua
Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> )	800l/800 L de agua
Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> )	1L/800 L de agua
Frutilla ( <i>Fragaria vesca</i> )	800L/800 L de agua
Tomate riñón ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )	800L/800 L de agua
Pimiento ( <i>Capsicum annum</i> )	800L/800 L de agua
Banano ( <i>Musa acuminata</i> AAA)	1L/800 L de agua
Arroz ( <i>Oriza sativa</i> )	1L/800 L de agua

NÚMERO DE APLICACIONES: según la necesidad de la planta cada 8 a 15 días.

INCOMPATIBILIDAD: no presenta incompatibilidad con otros productos de uso agrícola. Se recomienda realizar una prueba a escala antes de aplicar en campo.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

100ml 200ml 500ml 1L

### 04

#### PRECAUCIONES

- ☑ Agítase antes de usar. Debe guardarse en su empaque original en lugar seguro, fresco y seco.
- ☑ No cambie su envase original.
- ☑ Manténgase fuera del alcance de los niños, los animales y personas irresponsables.
- ☑ No mezcle con productos que no sean aprobados por el fabricante.
- ☑ Realice primero una prueba de compatibilidad en un recipiente empleando las proporciones que utilizará en la aplicación para establecer la compatibilidad física y de fitotoxicidad de los productos.