

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EFECTO DE BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
Cymbopogon citratus (HIERBA LUISA) EN DOS DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

ROSMERY FIORELLA BRICEÑO CONCHUCOS

ASESOR:

CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS.

Tingo María – Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 006-2025-FA-UNAS

BACHILLER : ROSMERY FIORELLA BRICEÑO CONCHUCOS

TÍTULO : EFECTO DE BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
Cymbopogon citratus (HIERBA LUISA) EN DOS DISTANCIAMIENTOS DE
SIEMBRA

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS

VOCAL : Ing. M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS

VOCAL : Ing. M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP

ASESOR : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 02/05/2025

HORA DE SUSTENTACIÓN : 08:00 A.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Sala de Audiovisuales de la F.A.

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 02 DE MAYO DEL 2025

M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
PRESIDENTE

M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
VOCAL

M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
VOCAL

Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
ASESOR



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

FICHA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

1. Datos del Autor:

Nombres y Apellidos: Rosmery Fiorella Briceño Conchucos
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76127228
Correo electrónico institucional: rosmery.briceno@unas.edu.pe
Teléfono: 931842689

2. Grado, título o especialización:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ Maestro ☐ Segunda Especialidad

Especialidad/Mención: Ingeniero Agronomo

3. Tipo de investigación¹:

☒ Tesis ☐ Trabajo Académico ☐ Trabajo de Investigación
☐ Trabajo de Suficiencia Profesional

DOI²: _____

Título: EFFECTO DE BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO
Cymbopogon citratus (HIERBA LUISA) EN DOS DISTANCIAMIENTOS
DE SIEMBRA

Año Sustentación: 2025

Datos de asesores:

N°	DNI	Apellidos y Nombres	ORCID ID ³
1	22982226	Miranda Armas Carlos Miguel	<u>0000 - 0002 - 9431 - 5649</u>
2			<u>_____ - _____ - _____ - _____</u>

¹Tipo de Investigación:

Tesis: Para Bachiller, Título Profesional, Maestría, Doctorado y Programas de Segunda Especialidad.

Trabajo Académico: Para Programas de Segunda Especialidad.

Trabajo de Investigación: Artículo científico, Proyecto de arquitectura con investigación de sustento, Investigación aplicada.

Trabajo Suficiencia Profesional: Proyecto profesional, Informe de experiencia profesional calificada, Sustentación de casos.

²DOI: Identificador de Objeto Digital, Ingresar si es que lo tuviera.

³ORCID: Identificador único y permanente para cada investigador y/o colaborador, ingresar los últimos 16 dígitos, Ejem:0000-0000-1234-123X. (Información Obligatorio)

**UNAS****VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN****INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN****UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL****Datos de Jurados:**

Nº	DNI	Apellidos y Nombres
1	22966782	M.Sc. Fausto Silva Cardenas
2	40804332	M.Sc. Giannfranco Egoavil Jump
3	22992942	M.,Sc. Jaime J. Chavez Matias
4		
5		

4. Licencias:**a) Licencia Estándar:**

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de Investigación en el Repositorio Institucional Digital UNAS

Con la autorización de depósito de mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional Agraria de la Selva una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital UNAS, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones. En virtud de dicha licencia, la Universidad Nacional Agraria de la Selva podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas. La Universidad Nacional Agraria de la Selva consignará el nombre del/los autores/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la presente licencia.



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Autorizo el depósito (marque con una X)

☒ Sí, autorizo el depósito y la publicación del documento en el Repositorio Institucional y declaro que dicho depósito no infringe derechos de propiedad intelectual de terceros.

☐ No autorizo⁴.

Condición de acceso al documento

☒ Acceso abierto inmediato.

☐ Acceso restringido (embargo) hasta: _____, ☐ Indefinido.

b) Licencias Creative Commons⁵:

Autorizo el depósito (marque con una X)

☒ Sí autorizo el uso comercial y las obras derivadas de mi trabajo de investigación.

☐ Sí autorizo el uso comercial y las obras derivadas de mi trabajo de investigación mientras se comparta de la misma manera.

☐ Sí autorizo el uso comercial, pero no autorizo las obras derivadas de mi trabajo de investigación.

☐ No autorizo el uso comercial y tampoco las obras derivadas de mi trabajo de investigación.

☐ No autorizo el uso comercial, pero sí autorizo las obras derivadas de mi trabajo de investigación.

☐ No autorizo el uso comercial, pero sí autorizo las obras derivadas de mi trabajo de investigación mientras se comparta de la misma manera.

Firma

19 / 06 / 2026

Fecha

⁴Pasar a la última página para firmar el formulario. No es necesario otorgar las licencias Creative Commons.

⁵ Licencias Creative Commons:

Las licencias Creative Commons sobre su trabajo de investigación, mantiene la titularidad de los derechos de autor de ésta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de ésta, siempre y cuando reconozcan la autoría correspondiente. Todas las licencias Creative Commons son de ámbito mundial. Emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales. En consecuencia, goza de una eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EFECTO DE BIOESTIMULANTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE
Cymbopogon citratus (HIERBA LUISA) EN DOS DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA”**

Autor	: Rosmery Fiorella Briceño Conchucos
Asesor	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Área de investigación	: Ciencias agrícolas
Línea de investigación	: Propagación de plantas y sistema de producción agrícola
Eje temático	: Bioestimulantes y distanciamiento de siembra en el cultivo de <i>C. citratus</i>
Lugar de ejecución	: Fundo Agrícola-Facultad de Agronomía
Duración	: 06 meses
Financiamiento	: Propio

Tingo María – Perú, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

**FORMATO PARA REGISTRAR EL INFORME DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO UNIVERSITARIO**

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Escuela profesional/	: Agronomía
Departamento Académico	
Título de la Tesis	: Efecto de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de <i>Cymbopogon citratus</i> (hierba luisa) en dos distanciamientos de siembra
Objetivo General	: Determinar el efecto de diferentes dosis de dos bioestimulantes en el rendimiento de Hierba luisa (<i>C. citratus</i>) bajo dos distanciamientos de siembra.
Autor de la Tesis	: Rosmery Fiorella Briceño Conchucos
DNI	: 46161712
Correo Electrónico	: rosmery.briceno@unas.edu.pe
Asesor(es)	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Área de Investigación	: Ciencias agrícolas
Grupo de Investigación	: Plantas Agrícolas, ornamentales, medicinales y florísticas
Línea (s) de Investigación	: Propagación de plantas y sistema de producción agrícola
Lugar de Ejecución	: Fundo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva
Fecha de Inicio	: Julio - 2022
Fecha de Término	: Diciembre- 2022
Presupuesto	: S/. 2 032,20
Financiamiento	: Propio (x) FIF () Externo ()

Según: Resolución: N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar a este momento importante de mi formación profesional.

A mi Madre Nancy Conchucos Alvarez, por ser el pilar más importante en mi vida, brindándome siempre su cariño, respeto y apoyo incondicional para culminar mi formación profesional.

A mi abuelita Juana Alvarez Román con mucho cariño, por su apoyo incondicionado desde los inicios de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforman, por el apoyo y confianza, en especial a la Facultad de Agronomía y los docentes que lo conforman; catedráticos que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Ing. Carlos Miguel Miranda Armas, asesor del presente trabajo de investigación por contribuir en la ejecución, culminación, revisión académica y científica del informe final de tesis.
- A los jurados de mi tesis: al presidente M. Sc. Fausto Silva Cárdenas y miembros, M. Sc. Gianfranco Egoavil Jump y M. Sc. Jaime J. Chávez Matías, por la revisión, redacción y aporte académico en la investigación.
- A los colaboradores anónimos, que en estos momentos sus nombres escapan de mi memoria, pero los tengo en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

Página.

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	.1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	.3
2.1.	Generalidades del cultivo de <i>Cymbopogon citratus</i> (Hierba luisa)	.3
2.1.1.	Distribución geográfica	.3
2.1.2.	Importancia económica en Perú	.3
2.1.3.	Clasificación taxonómica	.3
2.1.4.	Características botánicas	.4
2.1.5.	Condiciones agroecológicas	.4
2.1.6.	Fenología	.4
2.1.7.	Producción de Hierba luisa.....	.5
2.2.	Bioestimulantes en base a fitohormonas	.7
2.2.1.	Concepto general	.7
2.2.2.	Principales fitohormonas	.8
2.2.3.	Productos para usar.....	.9
2.3.	Antecedentes.....	.10
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	.14
3.1.	Lugar del campo experimental	.14
3.1.1.	Ubicación.....	.14
3.1.2.	Zona de vida y características climáticas	.14
3.2.	Materiales y métodos.....	.15
3.2.1.	Materiales y equipos.....	.15
3.2.2.	Metodología.....	.15
3.3.	Ejecución del experimento	.20
3.3.1.	Demarcación del área experimental	.20
3.3.2.	Colecta y preparación del material vegetativo	.20
3.3.3.	Instalación del material vegetal	.20
3.3.4.	Preparación y aplicación de los bioestimulantes	.20
3.3.5.	Control de plagas y enfermedades.....	.21
3.3.6.	Fertilización.....	.21

3.3.7.	Limpieza y deshierbo	22
3.4.	Variables evaluadas	22
3.4.1.	Porcentaje de prendimiento	22
3.4.2.	Altura de planta	23
3.4.3.	Longitud y diámetro de la hoja.....	23
3.4.4.	Número de macollos.....	23
3.4.5.	Longitud radicular	23
3.4.6.	Materia seca.....	23
3.4.7.	Cantidad de aceite esencial.....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.	Porcentaje de prendimiento de esquejes de Hierba luisa.....	25
4.2.	Altura de planta (cm).....	27
4.3.	Longitud y diámetro de hoja (cm)	30
4.4.	Número de macollos por planta.....	33
4.5.	Longitud radicular (cm).....	35
4.6.	Materia seca de la planta de Hierba luisa	38
4.7.	Contenido de aceite esencial.....	42
4.8.	Correlación de las variables estudiadas	44
V.	CONCLUSIONES	45
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	46
VII.	REFERENCIAS.....	47
	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Datos meteorológicos registrados durante el experimento entre los meses de julio a noviembre del año 2022,.....	15
2.	Descripción de los tratamientos en estudio.	16
3.	Esquema de análisis de varianza.	18
4.	Malezas identificadas al inicio de la ejecución del experimento..	22
5.	Resumen del ANVA para el porcentaje de prendimiento de Hierba luisa.....	25
6.	Resumen del ANVA para la altura de Hierba luisa.	28
7.	Resumen del ANVA para la longitud y ancho de la hoja.	31
8.	Resumen del ANVA para el número de macollos de Hierba luisa.	33
9.	Prueba de LSD ($\alpha = 0,05$) del número de macollos según los factores.....	34
10.	Resumen del ANVA para la longitud radicular.	36
11.	Resumen del ANVA para el peso fresco y seco (g) por planta a los 120 ddt.	39
12.	Porcentaje de materia orgánica por tratamiento.....	40
13.	Peso vegetativo (t/ha) por tratamiento.	40
14.	Contenido de aceite esencial por tratamiento.....	43
15.	Resumen de datos obtenidos para el prendimiento de Hierba luisa durante la investigación.	51
16.	Resumen de datos obtenidos para altura de Hierba luisa durante la investigación.	52
17.	Resumen de datos obtenidos para el número de macollos de Hierba luisa durante la investigación.....	53
18.	Resumen de datos obtenidos para los pesos de Hierba luisa durante la investigación.	54
19.	Resumen de datos obtenidos para el contenido de aceite esencial de Hierba luisa.	55
20.	Altura promedio de Hierba luisa por tratamiento.	55
21.	Número promedio de macollos de Hierba luisa por tratamiento.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del campo experimental.....	14
2. Croquis del área experimental.....	19
3. Croquis de las unidades experimentales	19
4. Porcentaje de prendimiento de Hierba luisa por tratamiento	26
5. Porcentaje de prendimiento de Hierba luisa por efecto de dosis de bioestimulante.	27
6. Altura de Hierba luisa por tratamiento.....	29
7. Altura final promedio de Hierba luisa por tratamiento.	30
8. Longitud promedio de la hoja promedio (cm) por tratamiento.....	32
9. Longitud radicular promedio (cm) en cada tratamiento.....	37
10. Preparación del campo experimental.	56
11. Obtención y preparación de plantas de Hierba luisa.	57
12. Siembra de Hierba luisa.	57
13. Fertilización del cultivo de la Hierba luisa.	58
14. Desarrollo vegetativo de la Hierba luisa.	58
15. Control de malezas en el cultivo de Hierba luisa.	59
16. Evaluación de longitud de planta.	59
17. Evaluación del peso fresco de la Hierba luisa.....	60
18. Extracción de la humedad de las plantas de Hierba luisa.	60
19. Evaluación del peso seco de la Hierba luisa.	61
20. Preparación de muestras para la extracción de aceite esencial de Hierba luisa.	61
21. Evaluación de la extracción de aceite esencial.	62
22. Visita de campo del presidente de jurado y asesor de tesis.....	62
23. Análisis de suelos del área experimental.	60

RESUMEN

El estudio sobre la producción de *Cymbopogon citratus* (Hierba luisa) mediante la aplicación de diferentes dosis de giberelinas y citoquininas, junto con variaciones en el distanciamiento de siembra, reveló que las dosis elevadas de estos bioestimulantes, especialmente la citoquinina al 4%, favorecieron el éxito en la brotación y la emisión de macollos. El distanciamiento de siembra tuvo un impacto significativo solo a un distanciamiento de siembra de 30 cm x 50 cm, que mostró una mayor emisión de macollos. Asimismo, se reconocieron dos enfoques que emplearon dosis elevadas tanto de giberelinas como de citoquininas, junto con un distanciamiento de siembra considerable, y que arrojaron resultados destacados y comparables en la producción de aceite esencial en Tingo María. Las diferencias entre ellos se manifestaron principalmente en aspectos aritméticos.

Palabras clave: Bioestimulante, *Cymbopogon citratus* (Hierba luisa), distanciamiento de siembra, rendimiento.

ABSTRACT

The study on the production of *Cymbopogon citratus* (Lemon grass) through the application of different doses of gibberellins and cytokinins, together with variations in the sowing distance, revealed that high doses of these biostimulants, especially cytokinin at 4 %, favored the success in sprouting and tillering. Planting spacing had a significant impact only at a planting spacing of 30 cm x 50 cm, which showed greater tiller emission. Likewise, two approaches were recognized that used high doses of both gibberellins and cytokinins, together with considerable seeding spacing, and that yielded outstanding and comparable results in essential oil production in Tingo María. The differences between them were mainly manifested in arithmetic aspects.

Keywords: Biostimulant, *Cymbopogon citratus* (Lemon grass), distance, yield

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Cymbopogon citratus* (Hierba luisa) es una gramínea de importancia económica y social, debido a que los aceites esenciales y grasas vegetales que de ella se obtienen sirven para la fabricación de determinados alimentos, bebidas, perfumes, helados y productos farmacéuticos (Camus y De La Cruz, 2019). Las propiedades de sus hojas incluyen efectos antiespasmódicos, alivio contra vértigos y migrañas, así como propiedades tónicas estomacales y carminativas (Durand e Iturrizaga, 2021). Su parte utilizable por la industria está constituida por hojas y tallos tiernos, se puede producir en la selva peruana (Cuya, 2023).

En el año 2004, el cultivo de Hierba luisa mostraba una notable adaptación a climas cálidos y templados y bajo condiciones edafoclimáticas de Tingo María, se estimaba que su productividad alcanzaba un promedio de 1 500 kg/ha de hoja seca con un 12 % de humedad según Quispe (2004). Sin embargo, Gamarra (2006), comprobó que los monocultivos de Hierba luisa en Tingo María ha dado lugar a la aparición de plagas que, afectaron la producción y calidad de esa gramínea. Al día de hoy, el cultivo de Hierba luisa en Tingo María no ha logrado alcanzar su pleno potencial de desarrollo y rendimiento debido a varias restricciones. Esto podría atribuirse a la producción en suelos con baja fertilidad, problemas fitosanitarios, o la implementación de prácticas agronómicas inapropiadas y falta de conocimiento o aplicación de métodos agrícolas modernos y eficaces.

Hoy en día, existe métodos agrícolas modernos y eficaces, se puede referir para este caso al distanciamiento de siembra y aplicación de bioestimulantes en base a giberelinas y citoquininas. Por ejemplo, se reporta que la aplicación de giberelinas promueve el crecimiento de las plantas, incluido el alargamiento de tallos y expansión de hojas (Jordán y Casaretto, 2016), y las citoquininas al igual que las giberelinas pueden influir en la formación y desarrollo de yemas (Du Jardín, 2015). Mientras que un distanciamiento de siembra adecuada podría proporcionar el espacio necesario para que cada planta de Hierba luisa se desarrolle de manera óptima, porque evita la competencia excesiva entre las plantas, permitiendo un crecimiento y desarrollo de un sistema radicular robusto y la formación de follaje de calidad (Quispe, 2004).

Sin embargo, es cierto que, a pesar de los beneficios potenciales de las aplicaciones de giberelinas y citoquininas en la Hierba luisa, la dosis de aplicación es crítico para obtener los efectos deseados. Tanto las giberelinas como las citoquininas pueden tener efectos opuestos dependiendo de la concentración. Una dosis insuficiente puede no ser efectiva para estimular el crecimiento, mientras que una dosis excesiva puede resultar en respuestas no deseadas, como elongación excesiva de tallos o efectos fitotóxicos. Por otro lado, un distanciamiento de siembra

inapropiada para el cultivo de Hierba luisa, puede tener efectos negativos en la productividad y calidad del cultivo de Hierba luisa, así como en la eficiencia general del sistema de producción, como, por ejemplo, un alto distanciamiento de siembra podría resultar en plantas más espaciadas, lo que posiblemente conduzca a una menor producción de biomasa y a la disminución de la calidad de los compuestos aromáticos en las hojas.

Razón por el cual, la aplicación adecuada de giberelinas y citoquininas, junto con un distanciamiento óptimo de siembra, podría proporcionar beneficios esenciales en el cultivo de Hierba luisa, porque es posible que la combinación de estas prácticas favorece un desarrollo saludable de la planta, optimizando el rendimiento y la calidad del cultivo. De ahí la importancia de examinar el uso de distintas dosis de bioestimulantes que contienen giberelinas y citoquininas, juntamente con diversos distanciamientos de siembra. El propósito es comprender el crecimiento de las plantas de Hierba luisa. Por este motivo, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar el efecto de diferentes dosis de dos bioestimulantes en el rendimiento de Hierba luisa (*C. citratus*) bajo dos distanciamientos de siembra.

Objetivos específicos:

1. Determinar el mejor bioestimulante y dosis en la producción del cultivo de Hierba luisa.
2. Determinar el mejor distanciamiento de siembra en la producción del cultivo de Hierba luisa.
3. Determinar el mejor tratamiento en la producción de macollos y aceite esencial del cultivo de Hierba luisa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de *Cymbopogon citratus* (Hierba luisa)

2.1.1. Distribución geográfica

El género *Cymbopogon*, perteneciente a la familia Poaceae, engloba aproximadamente 70 especies, entre las que se encuentra la "Hierba luisa". Asimismo, Hierba luisa" probablemente tiene su origen en el norte de África (Libia, Egipto), desde donde se expandió hacia la India y diversas partes del mundo. En el Perú, las áreas con potencial para el establecimiento de este cultivo agroindustrial incluyen Chanchamayo, Satipo, el Valle del Huallaga y las zonas azucareras de la Costa (Cuya, 2023).

2.1.2. Importancia económica en Perú

Durante el período de 12 meses en 2020, Perú experimentó un notorio aumento en las exportaciones de Hierba luisa. Se exportaron 667,510 kilos de este producto con un valor FOB [Free On Board] de US\$ 2 368 779, marcando un significativo incremento en comparación con los 8 421 kilos exportados en 2019, generando ingresos por US\$ 39 362. De acuerdo con los datos proporcionados por Agrodata Perú, Estados Unidos se posicionó como el principal destino de las exportaciones de Hierba luisa en el año 2020, con ventas alcanzando los US\$ 1,40 millones. España ocupó el segundo lugar con US\$ 622 000. Miranda Langa Agro Export se destacó como la principal empresa exportadora en este rubro, logrando ventas por un total de US\$ 677,000 (Ramos, 2021).

2.1.3. Clasificación taxonómica

De acuerdo a ITIS (2019), *C. citratus* presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae.
Subreino	: Viridiplantae.
Superdivisión	: Embryophyta.
División	: Tracheophyta.
Clase	: Magnoliopsida.
Orden	: Poales.
Familia	: Poaceae.
Género	: <i>Cymbopogon</i> Spreng
Especie	: <i>C. citratus</i> (DC.) Stapf.
Nombre común	: Hierba luisa.

2.1.4. Características botánicas

La planta de Hierba luisa puede alcanzar alturas de 1 a 2 m. Sus hojas son largas, lineales y duras, con bordes cortantes. Suelen ser glaucas y tienden a doblarse a medida que maduran. Los tallos son muy ramificados y robustos. A menudo, los nudos presentan una capa cerosa. Las flores se disponen en espigas en pares, con una espiguilla sésil y otra pedicelada. Los racimos son bifurcados. Las hojas son aromáticas y se amontonan cerca de la base de la planta. Las hojas pueden variar en longitud, desde 22 cm hasta 82 cm. La longitud más común se encuentra en el rango de 34 a 46 cm y 58 a 70 cm. El sistema radicular mayoritariamente se encuentra hasta los 0,30 metros de profundidad en el suelo. Para distancias entre hileras de 0,90 m, la mayor concentración de raíces se encuentra a 22,5 cm del eje central del plantón. La vida útil del cultivo es de 4 a 5 años, y se recomienda su renovación después de este período (Camus y De La Cruz, 2019; Durand e Iturrizaga, 2021).

2.1.5. Condiciones agroecológicas

Es extremadamente resistente, tolerando tanto la sequía como las lluvias excesivas. Su óptimo desarrollo se encuentra en altitudes que oscilan entre 500 y 1,500 metros sobre el nivel del mar [m.s.n.m.]. A altitudes mayores, su crecimiento es más lento, resultando en cosechas de 5 a 6 por año. Prospera en climas tropicales y subtropicales, con temperaturas ideales entre 20 y 25 °C. La calidad y estructura del suelo son factores clave que influyen en el rendimiento de la materia seca y aceite. Prefiere suelos areno-arcillosos, profundos y bien drenados, aunque también puede crecer en suelos arenosos con suficiente fertilidad, así como en suelos rojos ligeramente ácidos. No prospera en suelos compactos ni en aquellos propensos al estancamiento del agua o la sequía extrema. La planta muestra un rendimiento bajo en suelos de baja fertilidad, pero con alto contenido de citral, lo que indica una calidad superior, un aspecto que podría ser objeto de investigación. Los suelos con niveles de fertilidad moderados y un pH entre 5,4 y 6,8 se consideran óptimos, ya que favorecen un equilibrio adecuado entre rendimiento y calidad del producto (Quispe, 2004; Gamarra, 2006).

2.1.6. Fenología

Planta perenne que generalmente no florece en el país. En el caso de que se manifieste la floración, se produce avanzada en la primavera. Su fenología comprende una serie de etapas cruciales que giran principalmente en torno al crecimiento vegetativo. Este tipo de propagación asexual, por medio de macollos, es una estrategia efectiva y ampliamente utilizada en el cultivo comercial de la hierba de limón, ya que permite un crecimiento más rápido y uniforme en comparación con la germinación a partir de semillas (Sete da Cruz et al., 2024)

Establecimiento inicial

En las primeras fases, después de la plantación de los macollos (brotes secundarios que surgen de la planta madre), la prioridad es el establecimiento de un sistema radicular fuerte y profundo. Este sistema de raíces es fundamental para la absorción de agua y nutrientes esenciales, lo que asegura un crecimiento saludable de la planta (Sete da Cruz et al., 2024).

Crecimiento vegetativo: Una vez que el sistema de raíces se ha desarrollado adecuadamente, la planta entra en una fase de crecimiento vegetativo acelerado. Durante esta etapa, *Cymbopogon citratus* produce una abundante cantidad de hojas largas, delgadas y aromáticas que son ricas en aceites esenciales, principalmente citral, que es el compuesto que le da su característico aroma a limón. Las hojas crecen en grupos densos, y a medida que la planta madura, la base de la planta se vuelve más gruesa y estable (Sete da Cruz et al., 2024).

En esta fase, también ocurre la producción continua de macollos. Estos macollos emergen lateralmente desde la base de la planta madre y son brotes independientes que, cuando se separan y se plantan, pueden convertirse en nuevas plantas adultas. Este proceso de multiplicación vegetativa no requiere la formación de flores ni la producción de semillas, lo que hace que la propagación por macollos sea más eficiente y menos dependiente de las condiciones ambientales favorables para la polinización o fructificación (Sete da Cruz et al., 2024).

Madurez y producción de macollos: A medida que la planta alcanza su madurez, puede generar más macollos, lo que facilita su expansión en el campo de cultivo. Los macollos que se extraen de plantas maduras tienen un sistema de raíces bien desarrollado y la capacidad de crecer de manera independiente al ser trasplantados, lo que reduce el tiempo necesario para establecer nuevos cultivos. Este método de propagación es especialmente valorado en la producción comercial, ya que permite la renovación constante del cultivo sin esperar largos periodos de germinación y desarrollo desde semilla (Sete da Cruz et al., 2024).

Cosecha: La cosecha preferiblemente se realiza antes de la espigación, generalmente entre los 90 y 120 días después de la germinación (Sete da Cruz et al., 2024).

2.1.7. Producción de Hierba luisa

2.1.7.1. Preparación del terreno

La siembra de Hierba luisa se puede llevar a cabo en suelos degradados, especialmente aquellos afectados por el cultivo de la coca. El proceso de preparación del terreno implica inicialmente el macheteo para eliminar las malezas

predominantes en estos suelos, como “macorilla” (*Pteridium* sp.), “rabo de zorro” (*Setaria* sp.), “remolina” (*Paspalum virgatum*), entre otras. Posteriormente, se realiza la quema y limpieza del área. Este procedimiento busca crear condiciones propicias para el establecimiento y desarrollo exitoso de la Hierba luisa (Quispe, 2004; Gamarra, 2006).

2.1.7.2. Época de siembra

La época recomendada para la siembra de Hierba luisa es al inicio de la temporada de mayor precipitación pluvial, a incluir los meses de septiembre a abril. Durante este período, se obtiene un rendimiento óptimo de los rizomas de la planta. No se aconseja llevar a cabo la siembra entre mayo y agosto, ya que esto podría resultar en recalces debido a la muerte de las plántulas en mayor proporción (Quispe, 2004; Gamarra, 2006).

2.1.7.3. Distanciamiento y densidad de siembra

Antes de la siembra, se recomienda realizar hoyos utilizando un zapapico, dispuestos en hileras con distancias de 1,00 x 1,00 m y/o 1,20 x 0,80 m. Esto resultará en una densidad de plantación de 10,000 esquejes por hectárea de Hierba luisa. En cada hoyo, se coloca un esqueje previamente seleccionado, asegurándose de que esté sano y maduro, a una profundidad de 8 a 10 cm. Luego, se ejerce una ligera presión para asegurar la correcta inserción del esqueje en el suelo (Quispe, 2004; Gamarra, 2006). Respecto a la densidad de siembra para este cultivo, se suele recomendar una densidad de siembra que permita un desarrollo adecuado de las plantas y una producción óptima. En general, para la Hierba luisa, se sugiere una densidad de siembra que oscila entre 30.000 a 40.000 plantas por hectárea (Siura y Ugás, 2001).

2.1.7.4. Selección de las semillas

En cuanto a la selección de semillas, la propagación de la Hierba luisa se realiza mediante esquejes o estolones cortos, los cuales son extraídos de plantas completamente maduras con al menos un año de producción. Los esquejes considerados como semilla deben tener entre 15 y 20 cm de longitud, y se pueden obtener hasta 50 esquejes o yemas de cada planta adulta (Gamarra, 2006). Una vez preparados, los esquejes se empaquetan en paquetes, atándolos suavemente y almacenándolos en un lugar fresco en posición vertical hasta el momento de la plantación u se debe colocar los esquejes de 3 a 5 días en un lugar con agua en constante movimiento para estimular los primordios radicales (Siura y Ugás, 2001).

2.1.7.5. Control de malezas

En la fase inicial de crecimiento, las plantaciones suelen ser cultivadas con regularidad durante el primer año. Se aconseja llevar a cabo deshierbes utilizando machetes, motoguadañas o lampas, con el fin de eliminar malezas invasivas como el

coquito (*Cyperus rotundus*). No se recomienda el uso de herbicidas, ya que esto es un requisito fundamental para mantener el control de calidad en el mercado internacional (Gamarra, 2006).

2.1.7.6. Cosecha y postcosecha

a. Cosecha

El primer corte o cosecha de Hierba luisa (*C. citratus*), se lleva a cabo a los 3 meses de su siembra y podría variar entre 4 y 6 meses después del trasplante. El corte se hace cuando las plantas alcanzan una altura de 75 a 100 cm y el diámetro de la mata es de 20 a 25 cm. La cosecha implica el corte de la parte aérea de la planta y suele realizarse cuando las hojas alcanzan una longitud de 1 a 1,50 m y se encuentran a aproximadamente 5 cm del suelo (Quispe, 2004; Gamarra, 2006). La frecuencia de los cortes puede variar entre 2 y 4 meses. Periodos de cosecha más prolongados dificultan la labor de recolección debido a la presencia de hojas amarillentas y secas causadas por la sobre maduración. Se estima que cosechar cada 2 meses resulta en un rendimiento anual mucho mayor (Siura y Ugás, 2001).

b. Secado y embalaje

El secado puede llevarse a cabo exponiendo las hojas al sol en eras o tendales, o mediante el uso de secadoras, hasta alcanzar un nivel de humedad del 12 % en las hojas. En cuanto al embalaje, implica llenar costales o fardos de 50 kg de capacidad con hojas secas, utilizando una prensa para facilitar el proceso (Siura y Ugás, 2001).

c. Rendimiento

El rendimiento promedio de materia verde de Hierba luisa en Perú se estimaba en 10 000 kg/ha y corte, totalizando 20 000 kg/ha en dos cortes anuales. En el primer año de cosecha, se logra un promedio de 1 500 kg/ha de hoja seca con un 12 % de humedad. Es notable que en el segundo año los rendimientos aumentan, lo cual está vinculado con la edad de la planta y la frecuencia de corte cada 45 días. Aunque, hay reportes que el rendimiento de la Hierba luisa oscila entre 18 y 30 t/ha (peso neto) en el primer corte, mientras que para cortes continuos se sitúa entre 6,52 y 10,00 t/ha (Siura y Ugás, 2001; Quispe, 2004).

2.2. Bioestimulantes en base a fitohormonas

2.2.1. Concepto general

Las fitohormonas son compuestos producidos naturalmente por la planta, trasladándose a áreas específicas donde, incluso en concentraciones bajas, inducen diversos efectos en el desarrollo de las plantas. Por otro lado, los reguladores son sustancias fabricadas por el ser humano en cantidades reducidas; Sin embargo, debido a la naturaleza o estructura de la molécula de estos reguladores, tienen la capacidad de inhibir, estimular o modificar el desarrollo de las plantas. Entre los reguladores del crecimiento más comunes se encuentran las

auxinas (AIA, ácido indolacético), citoquininas (BAP, bencilamino purina y quinetina), 2,4-D (ácido diclorofenoxiacético) y giberelinas. Estas sustancias se emplean en la agricultura con el propósito de lograr diversos resultados, y su efectividad depende de la etapa de aplicación, la cantidad suministrada, siendo notable que un mismo componente activo puede generar efectos variados en la planta (Jordán y Casaretto, 2016; Fichet, 2017).

2.2.2. Principales fitohormonas

2.2.2.1. Auxinas

Las auxinas constituyen un grupo de hormonas vegetales naturales que desempeñan un papel crucial en la regulación de diversos aspectos del desarrollo y crecimiento de las plantas. La forma más prevalente en las plantas es el ácido indolacético (IAA), que posee una alta actividad en bioensayos y se encuentra compuestos en concentraciones nanomolares. Otros tipos naturales de auxinas incluyen el ácido 4-cloro-indolacético (4-ClIAA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (IBA) y ácido indol propiónico. Las auxinas se distribuyen en la planta en cantidades más elevadas en las áreas donde ocurren procesos activos de división celular, lo que se vincula con sus funciones fisiológicas relacionadas con la elongación de tallos y coleóptilos, la formación de raíces adventicias, la inducción de la floración, la diferenciación vascular, algunos tropismos y la promoción de la dominancia apical (Jordán y Casaretto, 2006; Du Jardin, 2015).

2.2.2.2. Citoquininas

Las citoquininas son compuestos que fomentan la división celular y desempeñan diversas funciones reguladoras en el desarrollo de las plantas. Estas funciones incluyen la estimulación de la proliferación de yemas axilares, la neoformación de órganos, el desarrollo de cloroplastos y la retardación de la senescencia (envejecimiento) de las hojas. Además, las citoquininas actúan como transportadores de sustancias en el floema, estimulan la pérdida de agua a través de la transpiración, suprimen la dormición en yemas y semillas de algunas especialmente (Fichet, 2017).

2.2.2.3. Giberelinas

Las giberelinas son fitohormonas que parecen dispersarse por toda la planta sin una dirección específica. Su movimiento no es polar, ya que puede ocurrir tanto a través del floema como del xilema. La función principal de las giberelinas es estimular el alargamiento celular. Además, desempeñan un papel en la floración, ciertas etapas de la germinación de semillas, el rompimiento del letargo y varios efectos formativos (Fichet, 2017).

2.2.2.4. Etileno

El etileno ha sido conocido durante mucho tiempo por afectar el crecimiento vegetal, y se ha observado que pequeñas cantidades de este gas influyen en la senescencia y abscisión de las hojas, así como en la maduración de algunos frutos. Es notable por ser la única hormona vegetal que se encuentra en estado gaseoso en condiciones normales de presión y temperatura (Jordán y Casaretto, 2006; Du Jardin, 2015).

2.2.2.5. Ácido abscísico

El ácido abscísico (ABA) es una fitohormona vinculada clásicamente a la inhibición de varios procesos. Desempeña un papel crucial en la adaptación de las plantas a condiciones adversas como sequía, frío y salinidad. Además, está involucrado en el desarrollo de la latencia y la inhibición de la germinación de semillas. El ABA regula el equilibrio hídrico en las plantas bajo estrés al cerrar los estomas y controlar la absorción de agua a través de las raíces (Fichet, 2017).

2.2.3. Productos para usar

Grupo Andina (2015), describe Gib Bex de la forma siguiente:

2.2.3.1. Gib-bex®

- **Ingredientes Activos:**
 - Giberelinas 9,89 g/L
 - Extracto de algas 901,1 g/L
- **Características: Físico – Químicas**
 - Estado Físico Líquido
 - Color Rojo
 - Olor Característico
 - Densidad 1,01 +/- 0,01
 - pH 3,1 +/- 0,1
 - Solubilidad en agua 100 % Soluble
 - Inflamabilidad No inflamable
 - Explosividad No explosiva
 - Corrosividad No corrosiva
 - Combustibilidad No combustible
 - Estabilidad Estable
 - Estabilidad de almacenamiento Estable 2 años
- **Recomendaciones de usos**
 - Papa 125 ml. Tratamiento de semilla durante 5 minutos

- Brócoli 125 ml. Inicio de formación de las cabezuelas.
- Alcachofa 125 ml. 60 días después del trasplante.
- Páprika 125 ml. 60-70 días después del trasplante.

2.2.3.2. Citocinesis®

Citocinesis® es una formulación que une materiales orgánicos ricos en nutrientes, aminoácidos altamente concentrados, fortalecidos con macronutrientes y micronutrientes. Su función principal es estimular el crecimiento de las hojas y los tallos, al mismo tiempo que fomenta el desarrollo microbiano en el suelo. El ingrediente activo clave en esta formulación es citoquininas, a una concentración del 0,05 % (Crop Business, 2020).

2.3. Antecedentes

Cerón et al. (1996), durante la evaluación de Hierba luisa (*C. citratus* Staph) con diferentes niveles de nitrógeno y momentos de cosecha en un suelo ex cocal, concluyendo lo siguiente: 1) Los niveles de fertilización nitrogenada aplicados en el presente trabajo, no tienen efectos en la altura de planta durante la etapa de instalación (tres meses), pero sí en las etapas posteriores de producción, desde la primera cosecha. 2) La dosis de menor nivel de fertilización nitrogenada (80 kg N/ha) inducen también un mayor número de macollos en la etapa de producción, mientras que en la etapa de instalación fueron las dosis más altas las que originaron mayor número con 320 y 240 kg N/ha, respectivamente. 3) Los efectos de las edades de corte o momentos de cosecha han originado en la etapa de producción (cuatro cosechas) incrementos en altura de tallos, número de macollos en forma significativa, no teniendo diferencias significativas los cortes entre sí a los 70 y 85 días; pero sí tienen diferencias con los demás en cada evaluación. 4) No existe interacción entre los momentos de cosecha y niveles de fertilización nitrogenada en ninguno de los parámetros estudiados.

Quispe (2004) llevó a cabo un estudio sobre la fertilización nitrogenada y el momento de corte para evaluar la uniformidad del cultivo de Hierba luisa (*C. citratus*) en suelos ácidos de Tingo María. Los resultados revelaron que el mayor rendimiento en materia seca (106,09 g/paquete neto) se obtuvo con el efecto principal a los 45 días después del corte de uniformidad realizado a los 120 días. Este periodo difirió estadísticamente de los cortes realizados a los 90 y 60 días. Respecto a la fertilización nitrogenada, el nivel de 40 kg N/ha mostró un mayor peso seco (97,78 g/parcela neta), sin diferencias estadísticas significativas con los demás niveles, pero sí en comparación con el testigo de 0 kg N/ Ja. En cuanto al contenido de aceite esencial, se observará que era más elevado en el corte de uniformidad realizado a los 120 días y los 45 días después del corte, con valores de 3,12 y 7,16 m/parcela neta, respectivamente. Estos resultados fueron estadísticamente diferentes de los cortes realizados a

los 90 y 60 días. Sin embargo, el nivel de fertilización nitrogenada de 80 kg N/ha tuvo efectos significativos en el contenido de aceite esencial, generando valores de (1,94 y 4,44 ml/parcela neta), aunque no mostraron diferencias estadísticas con los demás niveles. de fertilización nitrogenada en estudio, sí difirió del testigo de 0 kg N/ha (1,06 y 1,94 ml/parcela neta).

Las conclusiones de Linares et al. (2005), sobre el efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte en la producción y calidad del aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* (Hierbaluisa), son las siguientes: 1) Se establece una fuerte correlación positiva entre el número de hojas por planta, el número de tallos y la altura de la planta con la cantidad de aceite esencial extraído y el peso fresco de la muestra. Por consiguiente, la medición de cualquiera de estos parámetros proporciona una estimación de la cantidad de aceite que se producirá. 2) El rendimiento en aceite (0,40 %) en relación al peso fresco se encuentra dentro de los estándares normales para *C. citratus*. Este rendimiento óptimo se alcanzó cuando las plantas se cortaron 4 meses después de la siembra y se aplicó fertilizante, independientemente de su origen. Por lo tanto, esta práctica se considera beneficiosa para el cultivo. 3) La densidad de siembra no mostró un efecto estadísticamente significativo en la calidad del aceite esencial extraído; sin embargo, al sembrar las plantas a una distancia de 0,70 por 0,70 m y cosecharlas cuatro meses después de la siembra, junto con la aplicación de fertilizante, se observó un aumento en la cantidad de aceite extraído. Esto contribuye al objetivo de obtener mayores cantidades de aceite. 4) Para lograr rendimientos y calidad comercialmente aceptables, como los obtenidos en las condiciones agroecológicas del presente estudio (17,21 L/ha; 82,14 % de citral), se recomienda aplicar fertilizantes de origen químico en dosis equivalentes a 37,50 kg de P_2O_5 , 37,50 kg de K_2O y 37,50 kg de N; y/o materia orgánica en dosis de 10 toneladas por hectárea, en una sola aplicación al momento de la siembra. Además, se sugiere realizar el primer corte cuatro meses después de la siembra.

Cabrera y Cañas (2007) realizaron a cabo estudios en la producción orgánica de Hierba luisa (*C. citratus*) con fines industriales, específicamente para la obtención de aceites esenciales y deshidratados destinados a infusiones. En estos experimentos, se exploraron dos distanciamientos de siembra (90 x 30 cm y 90 x 50 cm), combinándolos con el uso de abonos foliares. Los resultados indicaron que el rendimiento se vio más influenciado por la aplicación de abonos foliares que por la variación en el distanciamiento de siembra. Sin embargo, se observará que el tratamiento que mostró el mayor rendimiento por parcela fue aquel en el que las plantas se sembraron a un distanciamiento de 90 x 30 cm y se le aplicaron abonos foliares a base de frutas. En cuanto al contenido de aceite esencial, se encontró que era mayor en el corte de uniformidad realizado a los 120 días después del corte de uniformidad.

Antolinez, et al., (2008), evaluaron las variables agronómicas en el cultivo de *C. citratus* para la producción de aceite esencial, concluyendo lo siguiente: 1) El rendimiento de aceite esencial de limonaria se vio influenciado por la duración del periodo de crecimiento del rebrote, mostrando diferencias entre el corte a los 45 días en comparación con los otros dos tratamientos (60 y 75 días). Por lo tanto, se sugiere un periodo de descanso de 60 días como adecuado para realizar un nuevo corte sin afectar significativamente los rendimientos. Las diferentes dosis de nitrógeno evaluadas no generaron diferencias significativas (al 95 %) en el rendimiento de aceite, por lo que, bajo condiciones similares y considerando la fertilización de arranque equivalente a 50 kg/ha aplicada en todos los tratamientos ocho meses antes del inicio del ensayo, se recomienda fertilizar con 60 kg/ha de N. 2) Con este manejo agronómico, se lograron rendimientos de aceite esencial notablemente superiores a los reportados en la literatura. Además, la calidad del aceite esencial, medida como el porcentaje de contenido de citral, no mostró variaciones significativas entre los tratamientos del ensayo, lo que sugiere que incluso con la menor dosis de fertilización nitrogenada probada y el periodo más corto de crecimiento del rebrote evaluado, es posible obtener un aceite que cumpla con los estándares de calidad. El ataque del hongo *Puccinia* sp. es una razón para aumentar la frecuencia de los cortes para mantener bajo el inóculo y reducir la propagación de la enfermedad. Sin embargo, las esporas del hongo presentes en las muestras utilizadas para extraer el aceite no afectarán su calidad. 3) Se propone un manejo del cultivo simple, que incluya una fertilización nitrogenada moderada, períodos relativamente cortos entre cosechas y control químico de malezas, con el fin de obtener altos rendimientos y calidad de aceite esencial de esta especie aromática, la cual se adapta a diferentes condiciones climáticas en Venezuela.

Baidal (2021), en su investigación en la evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de Hierba luisa (*C. citratus*) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso y concluyó lo siguiente: 1) El ácido piroleñoso no acelera el crecimiento en el cultivo de “Hierba luisa”, sin embargo, influye en la producción de número de macollos. El rendimiento se ve afectado al aplicarse ácido piroleñosos, siendo el tratamiento control el mejor con un rendimiento de 27,2 g/planta. 2) El ácido piroleñoso no influye en el olor, color y sabor en cada uno de los tratamientos establecidos. 3) El tratamiento sin aplicación obtuvo los mejores resultados económicos, (1,29), de esta manera por cada dólar invertido se obtiene 0,29 centavos de ganancia.

Estrada et al. (2021), para el cultivo de Hierba luisa, sugiere la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio granulados en proporciones de 10 % N, 14 % P_2O_5 , 14 % K_2O , en dosis de 2, 4 y 6 g por planta, junto con un tratamiento de 400 g de un fertilizante orgánico,

para obtener los mejores resultados tanto en rendimiento como en calidad del aceite. Es importante que los suelos cuenten con materia orgánica y tengan una textura que vaya desde arenosa hasta franco arenosa, con niveles medios de nitrógeno y bajos de fósforo y potasio. Además de la fertilización del suelo, se sugiere complementar con abonos foliares como los biofermentos de hierro, cobre, biol de magnesio, zinc, calcio y boro, que deben aplicarse en una proporción de 300 mL por bomba de 18 L.

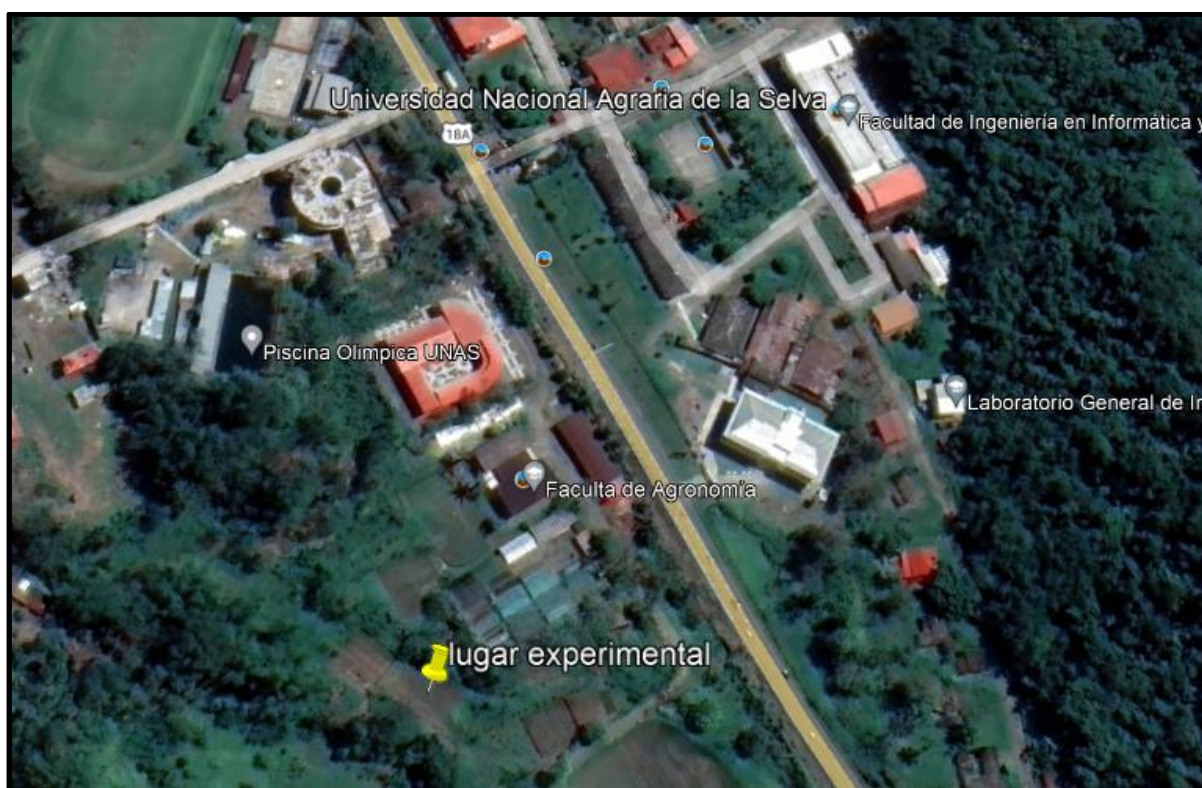
Lazz (2022), en su investigación sobre la fertilización orgánica del cultivo de Hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), concluyó lo siguiente: 1) La aplicación de fertilizantes N-P-K en el cultivo de Hierba luisa promovió un mayor crecimiento de las plantas y estimuló su desarrollo foliar. Sin embargo, al emplear 500 kg/ha de compost de caña de azúcar se obtuvieron resultados más similares al tratamiento de mayor efectividad. En cuanto a la producción de macollos y tallos por macollo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. 2) La fertilización con T₂ (Compost de caña 500 kg/ha) produjo rendimiento similar al obtenido con la fertilización química N-P-K, que fue el tratamiento más productivo por hectárea. Desde el punto de vista económico, la aplicación de fertilizante químico N-P-K generó un retorno del 61,44 %, seguido por la aplicación de T₂ (Compost de caña a dosis de 500 kg/ha), que reflejó un retorno del 48,77 %. 3) Los resultados de los tratamientos estudiados respaldan la hipótesis alternativa (H1), indicando que la fertilización orgánica con compost, en particular T₂ (Compost de caña 500 kg/ha), en el cultivo de Hierba luisa, favorece un desarrollo adecuado y un rendimiento aceptable. Esto se traduce en beneficios económicos considerables para los productores, ya que presenta resultados similares a la fertilización química N-P-K.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del campo experimental

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en el fundo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el km 1,21 de la carretera central, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco, siendo las coordenadas de UTM de 390 502 m E, 8 969 980 m N, altura 659 msnm como se muestra en la Figura 1 para su ilustración.



Fuente: Google Earth Pro, 2023

Figura 1. Ubicación del campo experimental.

3.1.2. Zona de vida y características climáticas

Tingo María presenta precipitaciones anuales de 3 600 mm, con temperaturas máxima, mínima y anual de 29, 20 y 24,2 °C respectivamente, con una humedad relativa de 80 % y según Holdridge, se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (Holdridge, 1978).

La información meteorológica tomada de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñónez de Tingo María, desde julio a diciembre del 2022 detalla que, la precipitación media durante la investigación fue de 267,4 mm/mes; pero se registró menores

precipitaciones al inicio del experimento, en los posteriores meses las precipitaciones fueron muy altas. La media de horas sol/mes durante la investigación fue 159,66 h; en los meses de Julio a noviembre el (%) de humedad relativa fue de 82,6 como se muestra según los datos registrados por la estación meteorológica ubicada en las instalaciones de la UNAS (Tabla 1).

Tabla 1. Datos meteorológicos registrados durante el experimento entre los meses de julio a diciembre del año 2022.

Meses	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Horas sol
Julio	24,90	83	62,40	175,40
Agosto	25,10	82	214,60	196,30
Setiembre	26,10	79	80,40	195,40
Octubre	25,70	83	485,50	124,20
Noviembre	25,40	86	494,10	107,00
Diciembre	25,85	85	454,40	122,20
Promedio	25,44	82,60	267,40	159,66

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones de Tingo María (2022).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

Se emplearon los materiales como; GPS, machete, azadones, wincha, cordeles, esquejes de *C. citratus* Stapf, Bioestimulantes comerciales a base de Giberelina y Citoquinina (Detallados en el inciso 2.2.3), fungicidas, insecticida, fertilizantes (Urea, Super fosfato triple de calcio, Cloruro de potasio) y equipos para su aplicación como; tractor agrícola, mochila fumigadora, moto guadaña, libreta de campo y laptop para procesar los datos obtenidos de la presente investigación.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Componentes en estudio

- **Factor A:** Bioestimulantes comerciales
 - a_1 = Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L(BG)
 - a_2 = Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L(BC)
- **Factor B:** Dosis de bioestimulantes
 - b_1 = 0 %
 - b_2 = 2 % (20 ml)

$$\blacksquare b_3 = 4 \% (40 \text{ ml})$$

Cálculo de la cantidad fitohormonas en 2 y 4 % de bioestimulante

	Giberelina 9,89 g/L	Citoquinina 0,05 %/L
	1 L $\Leftrightarrow$ 9,89 g	1 L $\Leftrightarrow$ 0,05 %
2 %	20 ml $\Leftrightarrow$ x g $\Rightarrow$ 0,1978 g	20 ml $\Leftrightarrow$ x % $\Rightarrow$ 0,001 %
4 %	40 ml $\Leftrightarrow$ x g $\Rightarrow$ 0,3956 g	40 ml $\Leftrightarrow$ x % $\Rightarrow$ 0,002 %

La dosis mínima y máxima se definió a partir del producto BC, homogenizando los valores para BG y así poder comparar los efectos en el cultivo

- Factor C: Distanciamiento de siembra de Hierba luisa

$$\blacksquare C_1 = 20 \times 50$$

$$\blacksquare C_2 = 30 \times 50$$

3.2.2.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos		Descripción de los tratamientos en estudio
Clave	Combinación	
T ₁	a ₁ b ₁ c ₁	0 % Gib-bex® + Distanciamiento [20 x 50 cm]
T ₂	a ₁ b ₁ c ₂	0 % Gib-bex® + Distanciamiento [30 x 50 cm]
T ₃	a ₁ b ₂ c ₁	2 % Gib-bex® (0,1978 g) + Distanciamiento [20 x 50 cm]
T ₄	a ₁ b ₂ c ₂	2 % Gib-bex® (0,1978 g) + Distanciamiento [30 x 50 cm]
T ₅	a ₁ b ₃ c ₁	4 % Gib-bex® (0,3956 g) + Distanciamiento [20 x 50 cm]
T ₆	a ₁ b ₃ c ₂	4 % Gib-bex® (0,3956 g) + Distanciamiento [30 x 50 cm]
T ₇	a ₂ b ₁ c ₁	0 % Citocinesis® + Distanciamiento [20 x 50 cm]
T ₈	a ₂ b ₁ c ₂	0 % Citocinesis® + Distanciamiento [30 x 50 cm]
T ₉	a ₂ b ₂ c ₁	2 % Citocinesis® (0,001 %) + Distanciamiento [20 x 50 cm]
T ₁₀	a ₂ b ₂ c ₂	2 % Citocinesis® (0,001 %) + Distanciamiento [30 x 50 cm]
T ₁₁	a ₂ b ₃ c ₁	4 % Citocinesis® (0,002 %) + Distanciamiento [20 x 50 cm]
T ₁₂	a ₂ b ₃ c ₂	4 % Citocinesis® (0,002 %) + Distanciamiento [30 x 50 cm]

BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

3.2.2.3. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial de $2A \times 3B \times 2C$, conformado por 12 tratamientos distribuido en 4 bloques. Todas las variables serán sometidas al análisis de varianza ($\alpha=0,05$), en el caso que haya diferencias estadísticas se someterán a la comparación de medias a través de la prueba de LCD ($\alpha=0,05$). El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Respuesta obtenida por efecto del i-esimo factor (A) con el j-esimo factor (B) con el k-esimo factor (C)

μ = Media general del experimento.

A_i = Efecto del i-esimo factor (A)

B_j = Efecto del j-esimo factor (B)

C_k = Efecto del k-esimo factor (C)

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-esimo factor (A) con el j-esimo factor (B)

$(AC)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i-esimo factor (A) con k-esimo factor (C)

$(BC)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-esimo factor (B) con k-esimo factor (C)

$(ABC)_{ijk}$ = Efecto de la interacción del i-esimo factor (A) con j-esimo factor (B) con k-esimo factor (C)

E_{ijkl} = Es el efecto aleatorio del error experimental entre el i-esimo factor (A) con j-esimo factor (B) con k-esimo factor (C)

Para:

$i = 1, 2$ bioestimulantes.

$j = 1, 2$ dosis de bioestimulante

$k = 1, 2, 3$ distanciamiento de siembra

$l = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

3.2.2.4. Análisis de varianza.

El análisis de varianza se realizó a todos los factores y las interacciones entre ellas planteadas en los tratamientos en estudio según como se muestra en el contenido de la Tabla 2.

Se realizó el análisis de variancia (F. tab. A = 0,05) (Tabla 3) y se determinó el coeficiente de variabilidad. Además, se hallaron las diferencias de medias con la prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) Di Rienzo, et al., (2011).

Tabla 3. Esquema de análisis de varianza.

F.V.	gl	SC	CM	Fc
Bloques	b-1	SCb	SCb/b-1	CMB/ CMError
Tratamientos	t-1	SCt	SCt/t-1	CMt/ CMError
Factor A	a-1	SCA	SCA/a-1	CMA/ CMError
Factor B	b-1	SCB	SCB/b-1	CMB/ CMError
Factor C	c-1	SCC	SCC/c-1	CMC/ CMError
A*B	(a-1)(b-1)	SCAB	SCAB/(a-1)(b-1)	CMAB/ CMError
A*C	(a-1)(c-1)	SCAC	SCAC/(a-1)(c-1)	CMAC/ CMError
B*C	(b-1)(c-1)	SCBC	SCBC/(b-1)(c-1)	CMBC/ CMError
A*B*C*	(a-1)(b-1)(c-1)	SCABC	SCABC/(a-1)(b-1)(c-1)	CMABC/ CMError
Error exp.	abc(r-1)	SCError	SCError/ab(r-1)	
Total	abcr-1	SCTotales		

3.2.2.5. Características del área experimental

a. Características de los tratamientos

- Número de tratamientos : 12
- Número de U.E : 48
- Número de planta/U.E : 20
- Número total de plantas : 960
- Número de plantas evaluadas/U,E : 6
- Número total de plantas evaluadas : 288
- Espacio entre plantas : 0,20 y 0,30 m
- Espacio de camellones : 0,50 m
- Medidas de U,E : 2x1 m y 2x1,5 m

b. Características de los bloques

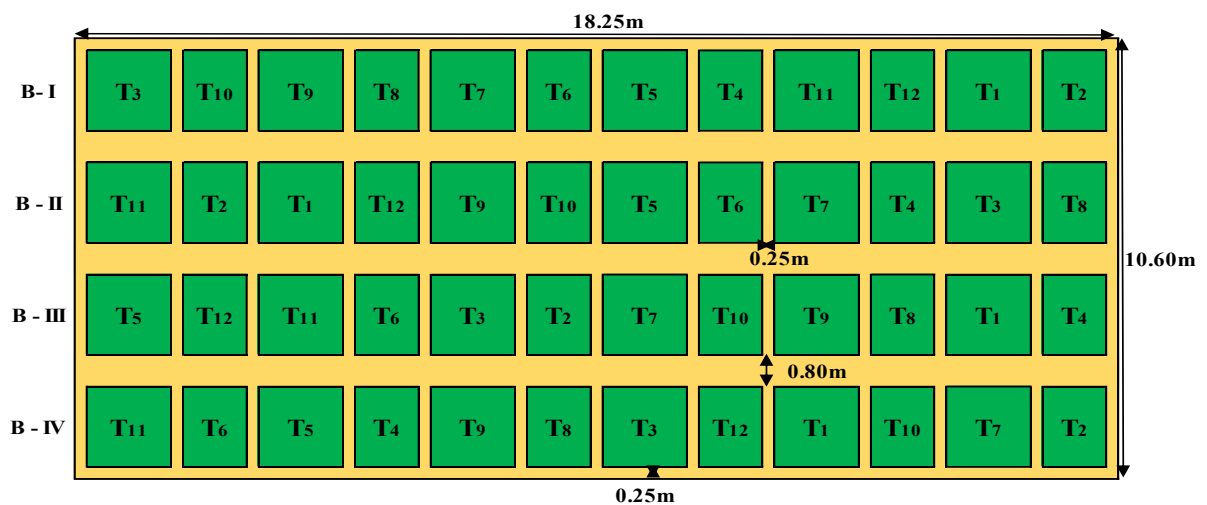
- Número de bloques : 4
- Número de U.E/bloques : 12
- Número de plantas/bloque : 240
- Número de plantas evaluadas/bloque : 120
- Largo de bloques : 18,25 m
- Ancho : 2,00 m
- Área : 36,50 m²

c. Características del experimento

- Largo del experimento : 18,25 m
- Ancho del experimento : 10,60 m
- Área del experimento : 193,45 m²

3.2.2.6. Croquis del experimento

El área experimental fue 193,45 m² (10,60 x 18,25 m) y, además, cada bloque midió 2,00 x 18,25 m donde cada bloque y parcela/bloque estaba separado cada 0,80 m y 0,25 m, respectivamente (Figura 2). Asimismo, en la Figura 3, se describe que el área de la parcela experimental de los distanciamientos de siembra de 20 x 50 cm y 30 x 50 cm fueron 2,00 m² (1,00 x 2,00 m) y 3,00 m² (1,50 x 2,00 m), respectivamente.



Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

Figura 2. Croquis del área experimental.

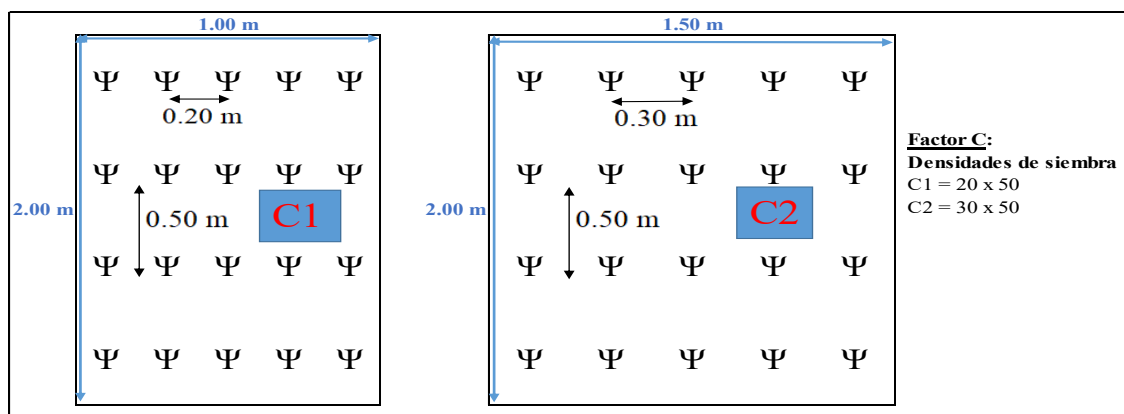


Figura 3. Croquis de la unidad experimental.

3.3. Ejecución del experimento

3.3.1. Demarcación del área experimental

El experimento se realizó en la parte posterior y a aproximadamente a 20 m de distancia del vivero agrícola de la facultad de Agronomía y se procedió a la limpieza de malezas, arado y nivelación del área experimental con la ayuda del tractor agrícola de la Facultad de Agronomía, esta labor se realizó 20 días antes de la presente investigación favoreciendo de esta manera la proliferación de gramíneas; 3 días antes del trasplante se realizó la aplicación de glifosato a razón de 120 ml/mochila de 20L.

3.3.2. Colecta y preparación del material vegetativo

Los esquejes de Hierba luisa fueron extraídas del fundo Vílchez, ubicado en el Anexo de Puente Piedra del Distrito Luyando, Provincia Leoncio Prado en la Región Huánuco donde se realizó su compra; 07 días antes de la extracción de plantas se realizó la aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, (SPAN)Phipronil a razón de 50 mL por mochila de 20 L y (ANTRACOL) Propineb 70 % polvo mojable 50 g por mochila de 20 L respectivamente. Los macollos fueron extraídos de plantas adultas de Hierba luisa, libre de plagas y enfermedades. La extracción de plantas se realizó tres días antes del trasplante. Previo a la colecta, se aplicó un producto fúngico al machete o herramienta para elevar el nivel de sanidad; la colecta se hizo en horas de la tarde y luego las muestras se almacenaron en un ambiente fresco para evitar el estrés fisiológico.

3.3.3. Instalación del material vegetal

Los esquejes obtenidos se acondicionaron con ayuda de un machete, fueron cortados con todas las hojas a una altura de 20 cm, y las raíces se cortaron a una longitud de 5 cm., se realizó esta labor el día 20 de julio del 2022 día en que los esquejes fueron sumergidos en una solución con los bioestimulantes según los tratamientos descritos en la Tabla 2 para ser sembrados en campo; se hicieron hoyos con una estaca de madera, de aproximadamente 10 cm de profundidad en el cual se colocaron los esquejes presionando con los dedos en el sustrato alrededor del hijuelo y finalmente tapando el orificio con el mismo suelo para que se queden bien sembradas.

3.3.4. Preparación y aplicación de los bioestimulantes

La preparación de las dosis de Giberelina y Citoquinina se llevó a cabo de la siguiente manera:

1) La preparación de las dosis en 20 L de agua, fueron en función para la plantación de 1 hectárea (ha) del cultivo de Hierba luisa.

2) En un vaso dosificador, se midieron 2 % y 4 % de cada 1 L de los bioestimulantes con Giberelina(BG) y Citoquinina(BC), respectivamente. Es decir, se separaron 20 ml y 40 ml de cada bioestimulante y por separado, los cuales fueron diluidos y mezclados en agua en una mochila fumigadora Jacto de 20 L.

3) Una vez que las dosis se mezclaron de manera adecuada, se aplicaron a las plantas de Hierba luisa.

Este proceso de preparación se repitió dos veces más para las aplicaciones posteriores, programadas para realizarse a los 30 y 45 días después de la siembra de Hierba luisa.

3.3.5. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizó de forma preventiva para evitar problemas y afectaciones dentro del campo experimental por plagas o enfermedades, la aplicación de los productos químicos se realizó a los 15 días después del trasplante de plántulas, se realizó la aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, (SPAN) Phipronil a razón de 50 mL por mochila de 20 L y (ANTRACOL) Propineb 70 % polvo mojable 50 g por mochila de 20 L respectivamente y posteriormente se volvió aplicar 45 días después del trasplante.

3.3.6. Fertilización

Se realizó en base a lo recomendado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Colombia, para ensayos regionales para gramíneas, que tiene como fórmula: 100 kg/ha de N, 50 kg/ha de P_2O_5 , 50 kg/ha de K_2O . La dosis de fertilización se mantuvo constante durante todo el experimento para eliminar cualquier posible confusión en la interpretación de los resultados, derivada de variaciones en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. En estudios donde se evalúan productos como bioestimulantes, es fundamental mantener controladas las fuentes de variabilidad externas, como la fertilización, ya que estas pueden influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Mantener constante la fertilización asegura que cualquier efecto observado sea atribuible únicamente a los bioestimulantes y no a fluctuaciones en la nutrición mineral. Esto permite un análisis más riguroso y preciso de los efectos de los tratamientos, al garantizar que las diferencias en el comportamiento de las plantas no estén condicionadas por la variabilidad en el aporte de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo o potasio. La fertilización se realizó con un tacarpo en forma localizada a 10 cm de distancia de la planta y a una profundidad de 5 cm y luego cubierto con el mismo sustrato y el procedimiento fue el siguiente: a) La primera aplicación de fertilizante se realizó el mismo día del trasplante, que consistió en la aplicación del 100 % P_2O_5 superfosfato triple de calcio como

fuelle de fósforo (46 % P). b) La segunda aplicación de fertilizante se realizó a los 15 día del trasplante, que consistió en la aplicación del 10 % de N, urea como fuente de nitrógeno (46 % N). c) La tercera aplicación de fertilizante se realizó a los 30 día del trasplante, que consistió en la aplicación del 20 % de N, urea como fuente de nitrógeno (46 % N). d) La cuarta aplicación de fertilizante se realizó a los 60 día del trasplante, que consistió en la aplicación del 30 % de N, urea como fuente de nitrógeno (46 % N) + 50 % de K₂O, cloruro de potasio como fuente de potasio (60 % K₂O). e) La quinta aplicación de fertilizante se realizó a los 90 día del trasplante, que consistió en la aplicación del 40 % de N, urea como fuente de nitrógeno (46 % N) + 50 % de K₂O, cloruro de potasio como fuente de potasio (60 % K₂O).

3.3.7. Limpieza y deshiero

Previo a la aplicación de los tratamientos, se notó la presencia de malezas de hoja ancha y hoja angosta, se registraron las malezas presentes el cual se detalla en el Tabla 4. Se realizó de forma manual en función de la agresividad y el porcentaje de población de las malezas en el periodo de crecimiento de la Hierba luisa, utilizando machete.

Tabla 4. Malezas identificadas al inicio de la ejecución del experimento

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Hoja ancha:		
Commelinaceae	<i>Commelina erecta L.</i>	Commelina
Leguminosae	<i>Desmodium tortuosum</i>	Pega Pega
Asteraceae	<i>Bidens pilosa L.</i>	Cadillo
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Macorilla
Hoja angosta:		
Cyperaceae	<i>Cyperus alternifolius</i>	Cortadera"
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	"Coquito"
Poaceae	<i>Megathyrsus maximun</i>	"Pasto guinea"
Graminae	<i>Digitaria sanguinalis L.</i>	"Pata de gallina"

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Porcentaje de prendimiento

Al final del experimento, se contabilizó el número de esquejes de Hierba luisa que emitieron hijuelos por planta. Este procedimiento se realizó a los 15 días después del trasplante. Este porcentaje de prendimiento se halló mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de prendimiento (\%)} = \frac{\text{Total de esquejes brotados}}{\text{Total de esquejes}} \times 100$$

3.4.2. Altura de planta

La medida de la altura de las plantas se llevó a cabo de manera periódica, cada 30 días, durante un periodo de 120 días después del brotamiento. En esta tarea, se seleccionaron seis plantas de cada unidad experimental, y se utilizó una regla milimétrica para medir la distancia desde la superficie del suelo hasta la hoja más alta de cada planta.

3.4.3. Longitud y diámetro de la hoja

Se seleccionó al azar seis plantas del centro de cada unidad experimental para medir la longitud de la hoja. Utilizando una cinta métrica, se midió la distancia desde la inserción en el tallo hasta el ápice terminal de la hoja. Además, se empleó un vernier digital para medir el diámetro de la hoja. Estas mediciones se llevaron a cabo específicamente a los 120 días después del brotamiento para todos los tratamientos en estudio.

3.4.4. Número de macollos

Se contabilizó la cantidad de macollos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra (inicio de la brotación), el número de macollos emitidos por planta (esqueje) de Hierba luisa fue contabilizada de forma manual.

3.4.5. Longitud radicular

La evaluación de la longitud radicular se hizo al finalizar el experimento, es decir, 120 días después del brotamiento. Para esta medida, se sacrificaron tres plantas de Hierba luisa por unidad experimental. Se midió la longitud de la raíz de cada planta con una regla milimétrica, desde la inserción de la raíz con el tallo hasta el ápice de la raíz más larga.

3.4.6. Materia seca

Los macollos se cortaron a una altura de 15 cm tomada desde la superficie del suelo, luego se pesó la producción total de cada unidad experimental por tratamiento, la misma que se expresaron en kg/tratamiento, para luego ser estimado en t/ha. Los valores del peso fresco se obtuvieron de toda la planta; es decir, desde la raíz hasta el ápice. Luego estos fueron llevados al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para que sean secadas y de ese modo, se pueda hallar el porcentaje de materia seca. Después de que las muestras fueron secadas, se pesó cada muestra y mediante la siguiente fórmula se halló el porcentaje de materia seca (MS):

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

3.4.7. Cantidad de aceite esencial

Para calcular la cantidad de aceite esencial por hectárea de Hierba luisa, se tomó inicialmente una muestra de 500 g por tratamiento para evaluar la cantidad de aceite esencial. Luego del pesado se inició la destilación y se realizó de la forma siguiente: a) Se llenó 2,50 L de agua en el caldero y luego se colocó una rejilla agujereada donde se incorporó paja de forma uniforme para evitar que las hojas frescas se quemen. b) Luego se adicionó las hojas en el caldero y se conectó una columna de acero de 60 cm de alto y capitel o trompa de elefante el que, a su vez, se acopló al tanque con un serpentín donde se recirculó con agua fría para que la condensación del vapor sea mayor. c) Finalmente, el destilado del aceite se recogió en la bureta. d) El aceite esencial extraído se recolectó en una bureta. f) La separación del aceite se hizo por decantación y luego se midió el volumen obtenido. g) El aceite de la bureta fue puesto en frascos de vidrio oscuros para evitar que pierda sus principios activos. h) Se almacenó en un lugar fresco y seco. i) Finalmente, se realizaron para cada tratamiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de prendimiento de esquejes de Hierba luisa

En la Tabla 5, se presenta un resumen de la prueba de F del análisis de varianza para la variable de porcentaje de prendimiento, evaluada a los 15 días desde el inicio de la investigación. Los resultados indican que no hay diferencias estadísticas significativas ($\alpha > 0,05$) para el efecto de bloques, el bioestimulante, el distanciamiento de siembra ni la interacción entre estos factores. Sin embargo, en el caso del factor dosis, se observa una diferencia altamente significativa ($\alpha < 0,05$), lo que sugiere que al menos uno de los niveles de dosis tiene un efecto diferente y mejor en comparación con los demás. Finalmente, se observa que el bajo coeficiente de variabilidad calculado (3,90 %) señala la confiabilidad de los datos recopilados y la homogeneidad entre los resultados de las unidades experimentales de cada tratamiento. En otras palabras, los porcentajes de prendimiento en cada tratamiento son muy similares entre sí.

Tabla 5. ANVA del porcentaje de prendimiento de esquejes de Hierba luisa.

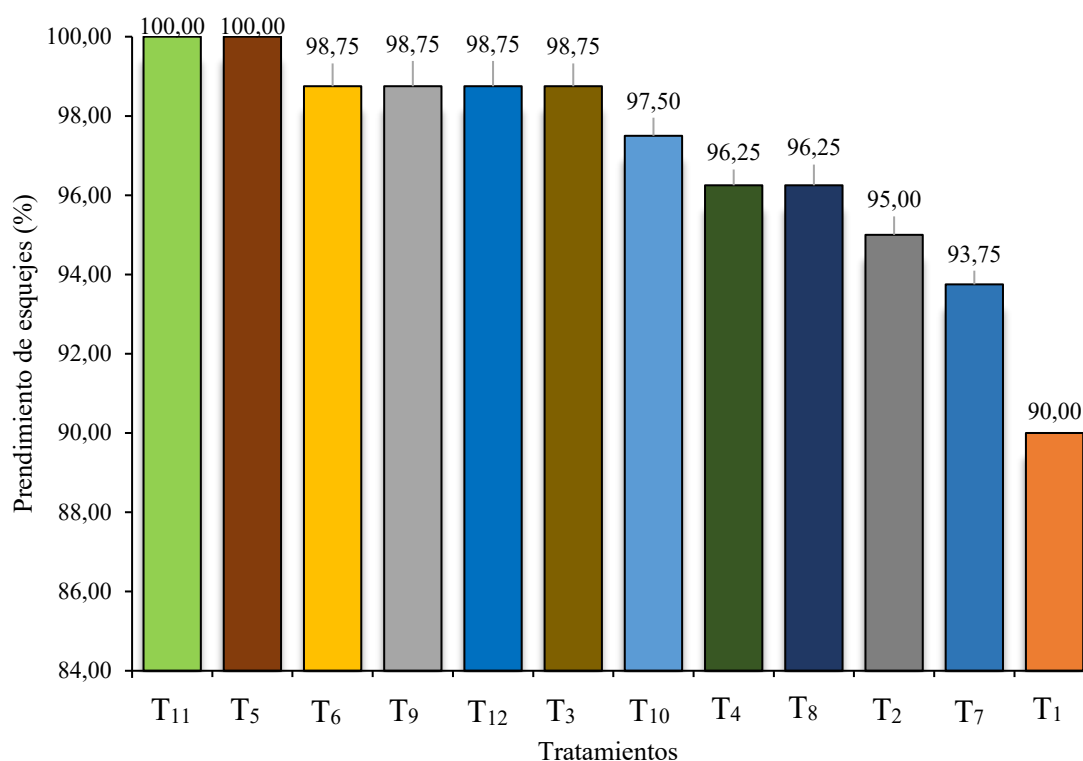
F.V.	SC	Gl	CM	Sig	F	p-valor
Bloque	84,9	3	28,30	NS	1,98	0,1359
Bioestimulante	13,02	1	13,02	NS	0,91	0,3466
Dosis	269,79	2	134,90	AS	9,44	0,0006
Distanciamiento	0,52	1	0,52	NS	0,04	0,8497
Bioestimulante*Dosis	13,54	2	6,77	NS	0,47	0,6267
Bioestimulante*Distanciamiento	0,52	1	0,52	NS	0,04	0,8497
Dosis*Distanciamiento	76,04	2	38,02	NS	2,66	0,0848
Bioestimulante*Dosis*Distanciamiento	7,29	2	3,65	NS	0,26	0,7762
Error	471,35	33	14,28	NS		
Total	936,98	47				
C.V: (%)	3,90					

AS: Existe diferencia altamente significativa.

NS: No existe diferencia significativa.

La Figura 4 muestra el elevado porcentaje de prendimiento en cada tratamiento, con un mínimo del 90 % para el tratamiento T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y un máximo del 100 % para los tratamientos T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). Aunque los porcentajes son altos, se observó que los dos resultados más bajos se obtuvieron con una dosis de bioestimulante del

0 %; por otro lado, los dos tratamientos que alcanzaron los valores máximos tenían una dosis del 4 % de bioestimulante, indicando un mayor efecto con una mayor dosis (Figura 4).



Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

Figura 4. Porcentaje de prendimiento de esquejes de Hierba luisa por tratamiento

Este descubrimiento (Figura 4) puede ser explicado debido a (Du Jardin, 2015). Por otra parte, la aplicación de citoquininas está encargada de la regulación del crecimiento y la división celular (Fichet, 2017). En el contexto específico de los esquejes de Hierba luisa, la correcta aplicación de giberelinas y citoquininas pudo tener un impacto significativo en el prendimiento y el desarrollo inicial de las plantas.

Aunque no hay diferencias estadísticas significativas, se nota que los resultados menos favorables se registraron en los tratamientos T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₇ (0% Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). De igual manera, al calcular el promedio de las dosis de los bioestimulantes, se ratifica estadísticamente que las dosis del 2 % y 4 % de bioestimulante lograron una mayor tasa de brotación en comparación con la dosis del 0 % de bioestimulante (Figura 5). Esto se debe a que las BGs son reconocidas por su

capacidad para estimular la brotación y el crecimiento celular (Du Jardin, 2015), mientras que las citoquininas desempeñan un papel crucial en la regulación del crecimiento y la división celular, incluida la formación de raíces (Fichet, 2017). Por lo tanto, la ausencia de estas fitohormonas podría ocasionar un retraso en la formación de nuevos brotes y limitar el desarrollo adecuado del sistema radicular, afectando así la capacidad de absorción de nutrientes y agua, lo que a su vez podría impactar negativamente en el proceso de brotación.

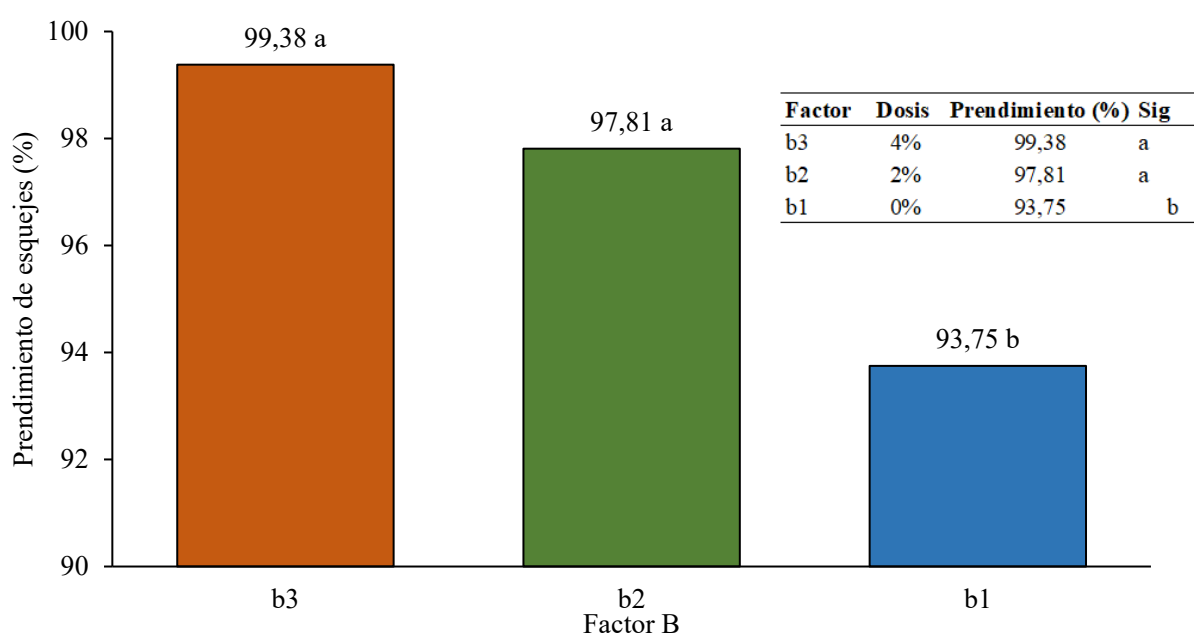


Figura 5. Porcentaje de prendimiento de esquejes de Hierba luisa por efecto de dosis de bioestimulante.

4.2. Altura de planta (cm)

La Tabla 6 resume la prueba de F del análisis de varianza para la variable altura de la planta de Hierba luisa en cuatro momentos distintos de la investigación. En este análisis, se observa que no hay diferencias estadísticas significativas ($\alpha > 0,05$) para los efectos de bloques, bioestimulante, dosis ni distanciamiento de siembra. Sin embargo, se identificó una diferencia significativa ($\alpha < 0,05$) en la interacción bioestimulante con dosis (ab) a partir de los 60 días después del trasplante, indicando que al menos una de las combinaciones de bioestimulante y dosis tuvo un efecto diferente y superior en comparación con las demás. Los bajos valores de coeficiente de variabilidad (rango de 4,82 % a 13,81 %) sugieren que los datos recolectados son confiables y que existe homogeneidad entre los resultados de las unidades experimentales de cada tratamiento, es decir, las alturas promedio de cada tratamiento son muy parecidas entre sí.

Tabla 6. Resumen del ANVA para la altura(cm) de Hierba luisa.

Fuente de variación	30 ddt		60 ddt		90 ddt		120 ddt	
	cm	Sig	cm	Sig	cm	Sig	cm	Sig
BLOQUE	138,03	NS	85,85	NS	48,74	NS	48,74	NS
Bioestimulante	2,08	NS	11,02	NS	2,52	NS	2,52	NS
Dosis	10,33	NS	17,31	NS	6,33	NS	6,33	NS
Distanciamiento	12	NS	31,69	NS	28,52	NS	28,52	NS
Bioestimulante*Dosis	126,33	NS	157,159	S	85,58	S	85,58	S
Bioestimulante*Distanciamiento	33,33	NS	17,52	NS	1,02	NS	1,02	NS
Dosis*Distanciamiento	5,25	NS	21,44	NS	18,08	NS	18,08	NS
Bioestimulante*Dosis*Distanciamiento	120,58	NS	43,27	NS	44,33	NS	44,33	NS
Error	53,01		41,82		21,71		21,71	
Total	2735		2176		1203		1203	
CV (%):	13,81		8,43		5,25		4,82	

Leyenda:

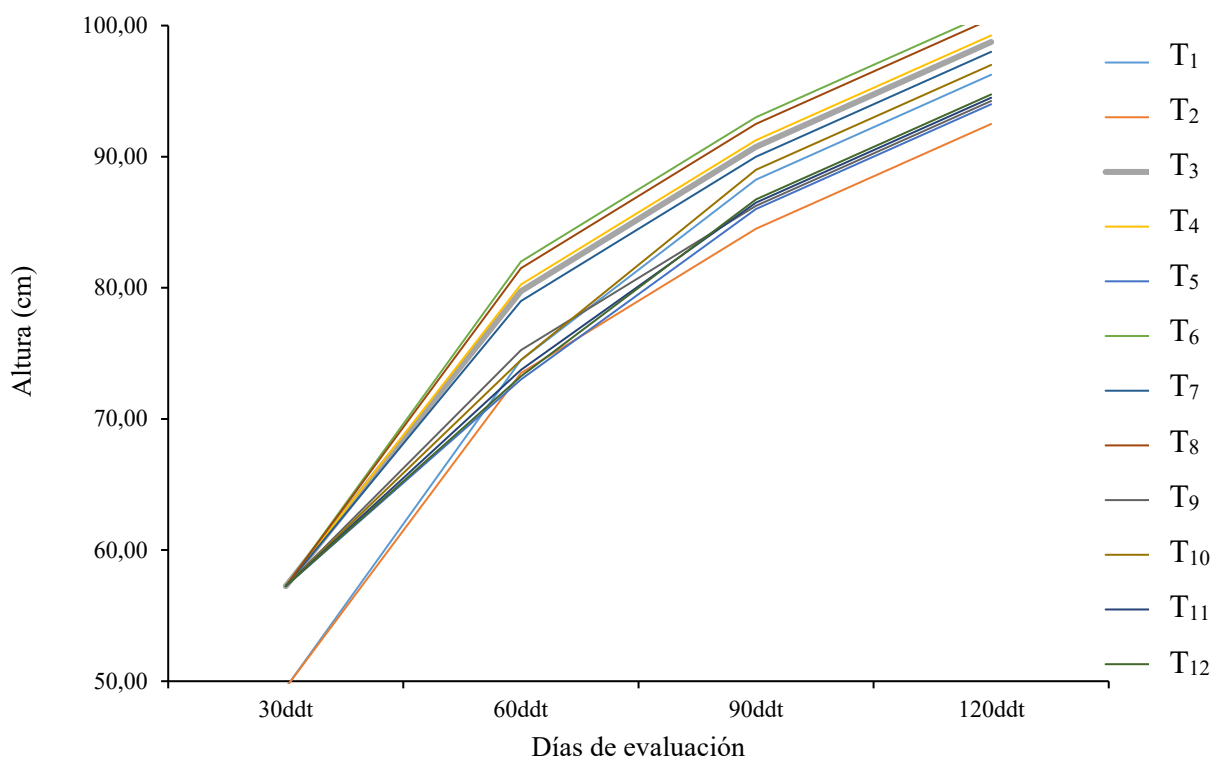
T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

La Figura 6 muestra el desarrollo en altura (cm) de cada tratamiento investigado a lo largo del estudio, evidenciando que el tratamiento T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) se caracteriza por tener plantas más bajas, alcanzando una altura de 92,50 cm. Aunque la interacción de los tres factores no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se destaca que el tratamiento T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) exhibió la altura promedio más alta, alcanzando los 101,00 cm. Quispe (2004) obtuvo una altura de 61,18 cm al final de su evaluación diferenciándose significativamente de los resultados obtenidos, demostrando así que la aplicación de bioestimulantes genera un mejor desarrollo de la altura de la planta en comparación a solo el uso de fertilización nitrogenada, del mismo modo Cerón et al. (1996), demostró que la solo fertilización nitrogenada no tienen efecto en la altura de planta dado que obtuvieron en promedio tuvieron 70 cm de altura al aplicar 80 kg/ha de N

La falta de influencia significativa en la altura de la planta de Hierba luisa a través de las aplicaciones de diferentes dosis de giberelinas y citoquininas, en interacción con distintos distanciamientos de siembra, se atribuye a varias razones: a) Es posible que las dosis de giberelinas y citoquininas utilizadas, así como los distanciamientos de siembra probadas, estuvieran dentro de un rango que no generara cambios estadísticamente significativos en la altura de la planta. Puede que se haya alcanzado un nivel óptimo que no justifica incrementar

la dosis o distanciamiento. b) La Hierba luisa puede tener una respuesta variable a los bioestimulantes y distanciamientos de siembra, y en este caso específico, las condiciones del suelo, clima u otros factores podrían haber influido en la falta de diferencias significativas. c) Es posible que las diferencias en altura de la planta deban evaluarse en un período más prolongado para observar efectos más significativos de los tratamientos en estudio.



Leyenda:

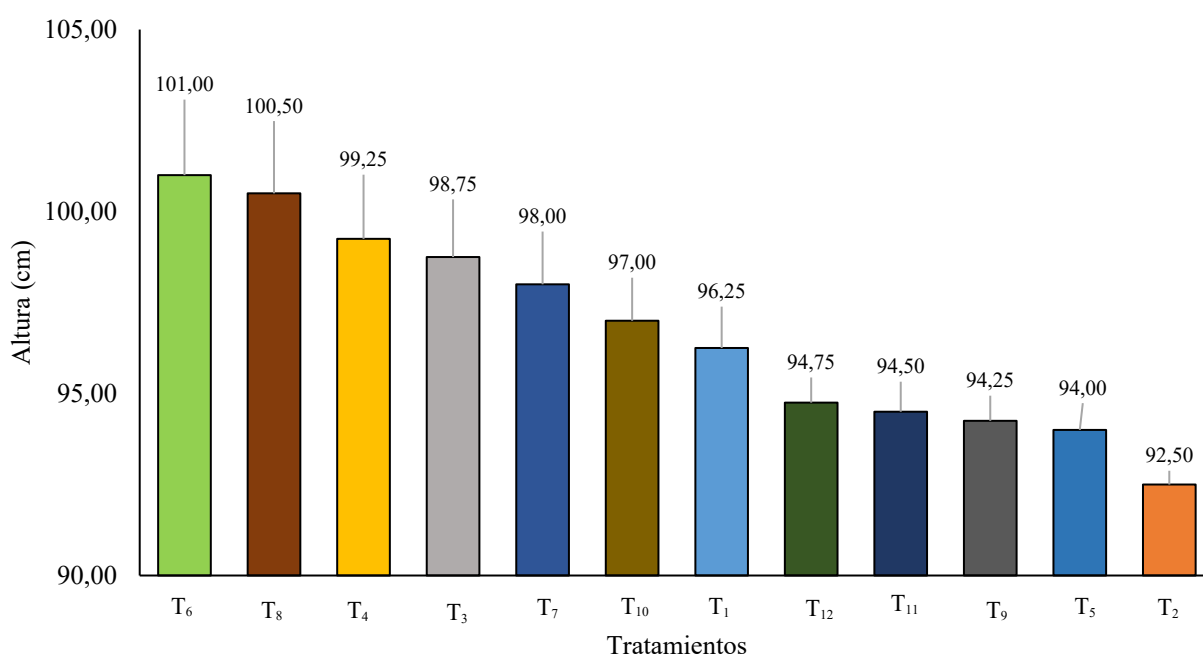
T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

Figura 6. Altura(cm) de Hierba luisa por tratamiento en estudio.

En la Figura 7 se presentan las alturas calculadas al término de la investigación para los doce tratamientos. La altura máxima se observó en el tratamiento T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]). De manera similar, los tratamientos T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]), se encuentran entre los cuatro tratamientos con alturas más elevadas, mientras que el tratamiento T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) dio el valor más reducido. Aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas, hubo una tendencia observable

en los datos que indica un efecto positivo de la giberelina en la altura de la Hierba luisa. Hay varias razones por las cuales esta tendencia podría haberse manifestado: a) La giberelina por su capacidad para estimular el crecimiento y la elongación celular en las plantas (Gubler et al., 2002). A nivel aritmético, los tratamientos con giberelina podrían haber mostrado un incremento en la altura de las plantas. b) Es posible que algunas plantas hayan experimentado un crecimiento más pronunciado en comparación con los tratamientos sin giberelina. c) Es posible que los efectos de la giberelina en el crecimiento de la Hierba luisa sean más evidentes a corto plazo y que la diferencia en altura sea más apreciable en un período de tiempo más breve.



Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BG=Bioestimulante con giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BC=Bioestimulante con citoquinina 0,05 %/L

Figura 7. Altura (cm) final promedio de Hierba luisa por tratamiento en estudio.

4.3. Longitud y diámetro de hoja (cm)

En la Tabla 7 se resumen los resultados de la prueba de F realizada en el análisis de varianza para las variables longitud (cm) y ancho (cm) de las hojas de Hierba luisa al concluir la investigación. Se observa que no existen diferencias estadísticas significativas ($\alpha > 0,05$) para los efectos de bloques, bioestimulante (Factor A), dosis (Factor B), distanciamiento de siembra (Factor C) ni para las interacciones entre estos factores. Asimismo, se observa que los bajos

valores de coeficiente de variabilidad indican una alta confiabilidad en los datos recopilados, demostrando homogeneidad en los resultados de las unidades experimentales en respuesta a cada tratamiento en estudio. En otras palabras, las medidas promedio de longitud y ancho de las hojas son muy similares entre los diferentes tratamientos.

Tabla 7. Resumen del ANVA para la longitud y diámetro (cm) de la hoja.

Fuente de variación	gl	Longitud de hoja			Ancho de hoja		
		cm	Sig	P-Valor	cm	Sig	P-Valor
Bloque	3	0,01	NS	0,7813	0,0016	NS	0,7355
Tratamiento	14	0,02	NS	0,5858	0,0028	NS	0,7102
Bioestimulante	1	0,0004	NS	0,8836	0,0001	NS	0,8997
Dosis	2	0,04	NS	0,1461	0,0026	NS	0,4976
Distanciamiento	1	0,05	NS	0,108	0,0003	NS	0,7786
Bioestimulante*Dosis	2	0,04	NS	0,1383	0,0046	NS	0,2908
Bioestimulante*distanciamiento	1	0,0002	NS	0,93	0,0048	NS	0,2571
Dosis*Distanciamiento	2	0,0028	NS	0,8692	0,01	NS	0,2274
Bioestimulante*Dosis*Distancia	2	0,0041	NS	0,8149	0,0021	NS	0,5644
Error	273	0,02			0,004		
Total	287						
CV (%):		0,48			0,46		

La Figura 8 muestra la longitud y diámetro promedio de las hojas para cada tratamiento al término de la investigación. Aritméticamente se observó una mayor longitud en el tratamiento T₁₀ (2 % Citoquinina + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) y T₉ (2 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). En contraste, la longitud más baja de las hojas se registró en el tratamiento T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). Además, respecto al diámetro de la hoja, se encontró el valor más elevado en el tratamiento T₉ (2 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). Por otro lado, se identificó el valor de diámetro más bajo en el tratamiento T₈ (0 % Citoquinina + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) con un promedio de 12,65 cm.

Los resultados, demuestra que no existe influencia significativa de las diferentes dosis de giberelinas y citoquininas en interacción con distintos distanciamientos de siembra en la longitud y diámetro de la hoja de Hierba luisa. Este hallazgo podría atribuirse a varias razones: a) Primero, es posible que las dosis de bioestimulantes aplicadas no hayan sido lo suficientemente distintos como para generar efectos significativos en las variables observadas. Según Bartucca et al. (2022), la concentración y la interacción de estas sustancias pueden depender de factores específicos, como la genética de la planta y las condiciones ambientales. b) Factores, como la presencia de nutrientes, la calidad del suelo y las condiciones climáticas,

también desempeñan un papel crucial en el desarrollo de la planta y podrían haber contrarrestado los efectos de las aplicaciones de bioestimulantes. c) La interacción compleja entre los diferentes factores podría haber generado resultados menos predecibles, y la falta de significancia estadística no necesariamente implica que no haya efectos biológicos.

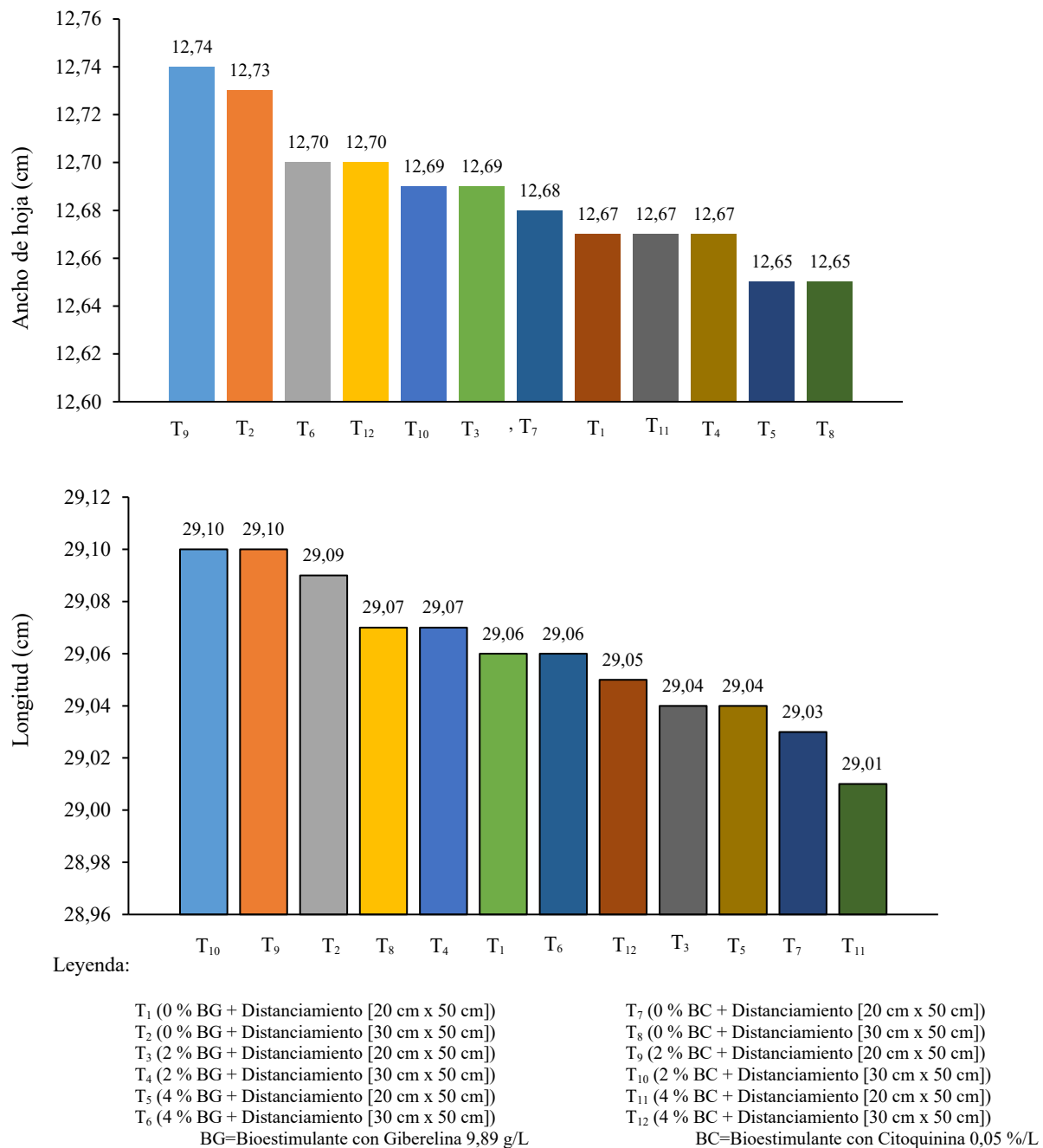


Figura 8. Longitud y diámetro (cm) promedio de la hoja de Hierba lusa por tratamiento en estudio.

4.4. Número de macollos por planta

La Tabla 8 presenta los resultados de la prueba de F del análisis de varianza ($\alpha=0,05$) aplicada a la variable del número de macollos en cuatro momentos distintos durante la investigación. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los factores a partir de los 60 días después del trasplante (ddt). Sin embargo, las interacciones entre los factores exhibieron respuestas distintas en cada período, y al final de la investigación se logró identificar una diferencia estadística en cada interacción. Esto indica que el número de macollos se ve afectado de manera independiente por uno de los bioestimulantes, una de las dosis y uno de los distanciamientos de siembra. Además, al interactuar estos factores, cualquier variación en el nivel de uno de ellos puede generar un efecto estadísticamente diferente. Asimismo, los valores de los coeficientes de variación obtenidos son menores al 5 % y señalan la confiabilidad de los datos recopilados y la homogeneidad entre los resultados de las unidades experimentales en respuesta a cada tratamiento en estudio. En otras palabras, el número promedio de macollos de Hierba luisa por unidad experimental no presenta variaciones significativas, que pueden alterar la influencia de los tratamientos sobre las unidades experimentales.

Tabla 8. Resumen del ANVA para el número de macollos de Hierba luisa.

Fuente de variación	30 ddt		60 ddt		90 ddt		120 ddt	
	CM	Sig	CM	Sig	CM	Sig	CM	Sig
BLOQUE	0,05	NS	0,04	S	7,28	S	11,13	S
Bioestimulante	0,09	NS	0,26	S	20,03	AS	17,14	S
Dosis	0,07	NS	32,27	AS	1272	AS	3765,8	AS
Distanciamiento	0,08	NS	0,63	AS	47,98	AS	96,33	AS
Bioestimulante*Dosis	0,04	NS	0,09	NS	13,42	AS	15,13	AS
Bioestimulante*Distanciamiento	0,05	NS	0,13	NS	4,9	NS	21,76	AS
Dosis*Distanciamiento	0,05	NS	0,05	NS	2,38	NS	28,9	AS
Bioestimulante*Dosis*Distancia	0,01	NS	0,02	S	3,48	NS	15,87	AS
Error	0,06		0,04		2,36		2,54	
Total	243,9		296,7		248,6		425,1	
CV (%):	2,81		2,78		3,83		2,17	

CV (%): Porcentaje del Coeficiente de variabilidad
 S: Existe diferencia significativa
 AS: Existe diferencia altamente significativa
 NS: No existe significación estadística
 ddt: Días después de trasplante

30 ddt: Primera evaluación
 60 ddt: Segunda evaluación
 90 ddt: Tercera evaluación
 120 ddt: Cuarta evaluación

La prueba de LSD aplicada al número de macollos de Hierba luisa (Tabla 9) indica que a partir de los 60 días después del trasplante (ddt) existe una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0,05$), destacándose un rendimiento mayor de macollos al utilizar citoquinina en comparación con la giberelina. Además, se evidencia una respuesta más favorable a medida que aumenta la dosis del bioestimulante, siendo estadísticamente superior aplicar una dosis del 4 %. Por último, se observa que los distanciamientos de siembra de 30 x 50 cm proporcionó el mayor número de macollos de Hierba luisa. En primer lugar, se destaca que la aplicación de citoquinina demostró ser más efectiva que la giberelina en estimular la formación de macollos (Tabla 9), lo que concuerda con la función bien conocida de las citoquininas en la promoción del crecimiento de las yemas y ramificación (Gubler et al., 2002). La capacidad de las citoquininas para inducir la división celular y formación de brotes laterales (Fichet, 2017) puede haber influido significativamente al aumento en el número de macollos observado. Cerón et al (1996) y Quispe(2004) con que un buen manejo de la estimulación con citoquininas promueve un mejor desarrollo de los macollos traduciéndose en mayor cantidad en relación al testigo.

Por otro lado, las citoquininas contrarrestan la acción de las auxinas, que son otra clase de fitohormonas responsables de la dominancia apical, porque según Elizondo (2010), la dominancia apical suprime el crecimiento de las yemas laterales, y al inhibirla, las citoquininas favorecen el desarrollo de nuevas ramificaciones. Es decir, al aplicar citoquininas, se activan las yemas axilares, lo que conduce a una mayor emisión de macollos y al desarrollo de una arquitectura más ramificada en la planta.

Tabla 9. Prueba de LSD ($\alpha = 0,05$) del número de macollos de los efectos simples.

30 ddt			60 ddt			90 ddt			120 ddt		
Factor A	$\bar{x}$	Sig	Factor A	$\bar{x}$	Sig	Factor A	$\bar{x}$	Sig	Factor A	$\bar{x}$	Sig
Citoquinina	0,39	a	Citoquinina	7,32	a	Citoquinina	40,71	a	Citoquinina	74,11	a
Giberelina	0,30	a	Giberelina	7,17	b	Giberelina	39,42	b	Giberelina	72,91	b
Factor B	$\bar{x}$	Sig	Factor B	$\bar{x}$	Sig	Factor B	$\bar{x}$	Sig	Factor B	$\bar{x}$	Sig
4 %	0,42	a	4 %	8,49	a	4 %	48,38	a	4 %	89,70	a
2 %	0,32	a	2 %	7,55	b	2 %	41,17	b	2 %	71,64	b
0 %	0,29	a	0 %	5,70	c	0 %	30,65	c	0 %	59,19	c
Factor C	$\bar{x}$	Sig	Factor C	$\bar{x}$	Sig	Factor C	$\bar{x}$	Sig	Factor C	$\bar{x}$	Sig
30 x 50 cm	0,38	a	30 x 50 cm	7,36	a	30 x 50 cm	41,06	a	30 x 50 cm	74,93	a
20 x 50 cm	0,30	b	20 x 50 cm	7,13	b	20 x 50 cm	39,06	b	20 x 50 cm	72,09	b

$\bar{X}$: Medias. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Factor A = Bioestimulantes. Factor B = Dosis de bioestimulantes. Factor C = Distanciamiento de siembra.

En segundo lugar, se observa que hay respuesta positiva al incrementar la dosis del bioestimulante [Giberelina y citoquinina], siendo más notable con una dosis del 4 % (Tabla 9). Este hallazgo sugiere que la concentración del bioestimulante juega un papel crucial en la formación de macollos de la Hierba luisa, por lo tanto, hay algunas razones que pueden respaldar esta observación: a) Tanto las giberelinas y las citoquininas tienen la capacidad de promover la división celular (Jordán y Casaretto, 2016). Es posible que una mayor dosis de estos bioestimulantes podrían resultar en un incremento significativo en el número de células, lo que contribuiría al desarrollo de más yemas laterales y, por lo tanto, a más macollos. b) Las citoquininas, en particular, son conocidas por activar yemas axilares y contrarrestan la acción de las auxinas (Gubler et al., 2002). Una mayor concentración de citoquininas podría estimular la formación y el crecimiento de estas yemas, lo que se traduce en una mayor emisión de macollos. Además, al suprimir la dominancia apical, permite un desarrollo más equilibrado de las yemas laterales.

Por último, la influencia positiva del distanciamiento de siembra a 30 x 50 cm (Tabla 9) en el número de macollos indica que la interacción entre el distanciamiento y la disponibilidad de espacio podría afectar la competencia entre plantas, estimulando así la producción de macollos en comparación al distanciamiento de 20 x 50 cm. Este fenómeno podría deberse a algunas posibles razones que a continuación menciono: a) Con una mayor separación entre plantas (30 cm x 50 cm), hay menos competencia directa por recursos como agua, nutrientes y luz. Esto permite que cada planta tenga un acceso más libre a estos recursos, lo que favorece un crecimiento más vigoroso y la formación de más macollos. b) La mayor distancia entre plantas puede asegurar una mejor captación de luz solar para cada planta. La luz es esencial para la fotosíntesis y el desarrollo de nuevos brotes (Azcón y Talón, 2008). c) Con un espaciado más amplio, hay menos sombra proyectada por las plantas vecinas. Esto significa que cada planta puede recibir una cantidad más uniforme de luz a lo largo del día, lo que puede ser beneficioso para la actividad de las yemas laterales y la emisión de macollos. d) A mayor distanciamiento de siembra entre plantas según Bartucca et al. (2022), puede reducir la acumulación de auxinas (inhibidora de crecimiento) y liberar el crecimiento de las yemas laterales y favorecer la emisión de macollos.

4.5. Longitud radicular (cm)

Según el análisis de varianza (Tabla 10) con una prueba de F ($\alpha=0,05$) para la variable de longitud de raíz (cm) al término de la investigación, no se evidenció ninguna diferencia estadísticamente significativa ($\alpha>0,05$) en relación con el efecto de bloques, el bioestimulante (Factor A), la dosis (Factor B), el distanciamiento de siembra (Factor C), ni en

la interacción entre estos factores. En otras palabras, no se encontraron niveles de los factores que tuvieran un impacto estadísticamente superior. Asimismo, la presencia de un bajo coeficiente de variabilidad sugiere que los datos recopilados son confiables y que existe homogeneidad entre los resultados de las unidades experimentales de cada tratamiento. Esto significa que la longitud promedio de las raíces es similar en todos los tratamientos.

Tabla 10. Resumen del ANVA para la longitud radicular.

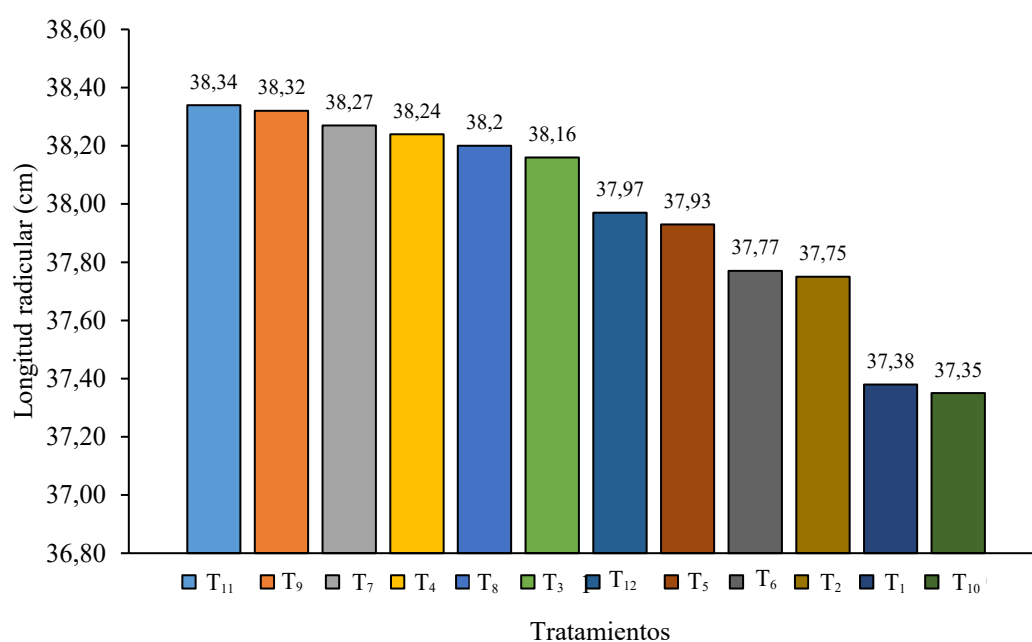
Fuente de variación	SC	gl	Longitud radicular		
			CM	Sig	p-valor
Bloque	0,02	3	2,71	NS	0,4255
Tratamiento	0,24	14	2,87	NS	0,4663
Bioestimulante	0,0004	1	2,92	NS	0,3172
Dosis	0,08	2	0,39	NS	0,8743
Distanciamiento	0,05	1	2,46	NS	0,3589
Bioestimulante*Dosis	0,08	2	6,65	NS	0,1036
Bioestimulante*Distanciamiento	0,0002	1	5,78	NS	0,1598
Dosis*Distanciamiento	0,01	2	2,3	NS	0,4547
Bioestimulante*Dosis*Distancia	0,01	2	1,12	NS	0,6813
Error	5,4	273	2,91		
Total	5,65	287			
CV:			4,49		

*NS: No existe diferencia significativa

La Figura 9, presenta las medias obtenidas en relación con la longitud radicular de cada tratamiento al concluir la investigación. El tratamiento que registró la mayor medida en esta variable fue T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]), con una longitud de 38,34 cm; en contraste, se observó el valor más bajo en el tratamiento T₁₀ (2 % Citoquinina + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]), con una longitud de 37,35 cm. La falta de diferencias significativas en la longitud radicular entre los tratamientos que recibieron diferentes dosis de giberelinas y citoquininas, en comparación con aquellos que no las recibieron, podría atribuirse posiblemente a que las condiciones específicas del suelo, la interacción compleja entre factores ambientales y genéticos, así como la respuesta particular de la Hierba luisa a estos bioestimulantes, hayan influido en la variabilidad de los resultados. Además, otros factores como la presencia de nutrientes en el suelo, la salud general de las plantas y capacidad de absorción de agua también podrían haber contribuido a la longitud radicular observada en cada tratamiento.

En cuanto a las giberelinas y citoquininas, estas hormonas desempeñan roles diversos en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Elizondo, 2010). Su influencia en el sistema radicular puede variar según factores como la concentración, el tipo de planta y las

condiciones ambientales (Azcón y Talón, 2008). Es esencial señalar que la auxina es la hormona crucial para el desarrollo de las raíces en las plantas, porque regula el crecimiento y desarrollo radicular al estimular la elongación celular en la zona de crecimiento de las puntas de la raíz y la ramificación de las raíces laterales (Bulgari et al., 2019). Por lo tanto, es plausible que las aplicaciones de giberelinas y citoquininas no hayan influido significativamente en una mayor longitud radicular. Se ha demostrado que, en algunos casos, concentraciones altas de giberelinas pueden propiciar el crecimiento del tallo y la elongación celular, desviando recursos de la formación radicular (Bartucca et al., 2022).



Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])
 T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])
 BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

Figura 9. Longitud radicular (cm) promedio en cada tratamiento en estudio.

Estudios previos sobre el efecto de las giberelinas y citoquininas en el desarrollo radicular de diversas especies vegetales. La literatura respalda que las giberelinas, en altas concentraciones, favorecen el alargamiento del tallo, desviando recursos hacia la parte aérea y limitando la formación y elongación de las raíces (Taiz y Zeiger, 2010). Esto coincide con lo observado en el presente estudio, donde las dosis más altas de giberelina no generaron un aumento significativo en la longitud radicular, posiblemente debido a la priorización del

crecimiento aéreo sobre el desarrollo de las raíces, como se ha reportado en investigaciones previas (Bartucca et al., 2022).

Por otro lado, las citoquininas están más asociadas con la división celular y la expansión de tejidos, y su aplicación excesiva puede inhibir el desarrollo de raíces al alterar el balance hormonal necesario para la formación de raíces laterales (Halpern et al., 2015). Esto podría explicar por qué el tratamiento T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) alcanzó la mayor longitud radicular, ya que la dosis de citoquinina aplicada podría haber sido la más adecuada para promover un balance favorable entre el crecimiento aéreo y radicular en las condiciones experimentales. Asimismo, es importante considerar que las auxinas, más que las giberelinas o citoquininas, juegan un papel clave en la promoción del crecimiento radicular, lo que sugiere que la falta de aplicación de auxinas en los tratamientos podría haber limitado el desarrollo de las raíces en general (Bulgari et al., 2019). En estudios con otras especies, como *Arabidopsis thaliana*, se ha demostrado que las auxinas son cruciales para la elongación y formación de raíces, mientras que la interacción de las auxinas con las citoquininas y giberelinas regula de manera compleja el crecimiento de las raíces y la arquitectura general de las plantas (Azcón y Talón, 200).

Por último, las condiciones ambientales y edáficas pueden influir en la respuesta de las plantas a los bioestimulantes. Por ejemplo, la disponibilidad de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno es esencial para el crecimiento radicular, y la capacidad de la planta para absorber estos nutrientes puede estar limitada por factores externos que no se controlaron en este experimento (Bulgari et al., 2019).

4.6. Materia seca de la planta de Hierba luisa

Según el análisis de varianza (Tabla 11) con un nivel de significancia de 0,05 para las variables de peso fresco y seco por planta evaluadas a los 120 días después del trasplante (ddt), se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, pero no en los bloques. Esto indica que al menos uno de los tratamientos tuvo un impacto superior en comparación con los demás. Los coeficientes de variación, que son similares y menores al 10 %, sugieren que los datos recopilados son confiables y que existe homogeneidad entre los resultados de las unidades experimentales de cada tratamiento. En resumen, los valores de peso fresco y seco de Hierba luisa no presentan diferencias significativas en promedio

Tabla 11. Resumen del ANVA para el peso fresco y seco por planta a los 120 ddt.

Fuente de variación	Peso fresco (g/planta)			Peso seco (g/planta)		
	CM	Sig	p-valor	CM	Sig	p-valor
Bloque	41968,8	AS	0,2558	2047,46	AS	0,2585
Tratamiento	2668917,43	AS	<0,0001	130777,71	AS	<0,0001
Error	3,09x10 ⁴			1516,48		
Total						
CV	9,54			9,55		

AS: Existe diferencia altamente significativa.

Se observó que estadísticamente el tratamiento T₁₂ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) destacó al obtener plantas con un peso mayor fresco y seco en comparación con los demás tratamientos (Tabla 12). En segundo lugar, los tratamientos T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) también estadísticamente mostraron plantas con mayor peso fresco y seco en comparación con los demás tratamientos evaluados. De manera estadísticamente significativa, se observará que los tratamientos T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]), T₇ (0 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]), T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) y T₈ (0 % Citoquinina + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) presentaron plantas de Hierba luisa con un menor peso fresco y seco en comparación con los demás tratamientos analizados. Sin embargo, al hacer comparaciones de los porcentajes de materia seca de los tratamientos en estudio, no se observan diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio.

La falta de diferencias estadísticamente significativas en la materia seca de las plantas de Hierba luisa entre los tratamientos (Tabla 12) sugiere que, a pesar de las variaciones en la aplicación de giberelinas y citoquininas, así como en los distanciamientos de siembra, no se observaron impactos sustanciales en la cantidad de materia seca producida por cada planta. Cerón et al (1996) y Quispe(2004) en este parámetro obtuvo un promedio de 110 g/parcela(4 plantas) resultado similar a lo obtenido en la evaluación, logrando obtener 22, 5 g/planta o 120 g/tratamiento. Este resultado podría indicar que, en las condiciones específicas del estudio, la interacción entre los bioestimulantes y los distanciamientos de siembra no influyó de manera significativa en la biomasa acumulada por las plantas de Hierba luisa. Es importante considerar que la respuesta de las plantas a los tratamientos puede depender de diversos factores, estos factores según Azcón y Talón (2008), puede depender de las condiciones ambientales, la

variabilidad genética de las plantas, la disponibilidad de nutrientes y otros factores específicos del cultivo.

Tabla 12. Porcentaje de materia seca de la planta de Hierba luisa por tratamiento en estudio.

Clave	Peso Fresco	Sig	Peso seco	Sig	Materia seca (%)
T ₁₂	2 410,75	a	533,58	a	22,83
T ₆	2 233,13	b	494,42	b	22,59
T ₅	2 177,79	b	482,08	b	22,60
T ₁₁	2 172,46	c	481,00	c	22,97
T ₁₀	1 823,58	c	403,71	c	22,44
T ₄	1 816,38	c	402,13	c	22,76
T ₃	1 774,58	c	392,88	c	22,01
T ₉	1 768,21	c	391,54	c	22,54
T ₈	1 495,75	d	331,13	d	22,71
T ₂	1 489,46	d	329,75	d	22,99
T ₁	1 474,79	d	326,46	d	22,87
T ₇	1 474,79	d	326,46	d	22,60

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

Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

A pesar de que ciertos tratamientos exhibieron disparidades estadísticas en términos de peso fresco y seco, las modificaciones en las aplicaciones de bioestimulantes y el distanciamiento de siembra no generaron alteraciones significativas en la cantidad de tejido seco producido por las plantas. Por ejemplo, la falta de influencia significativa de las aplicaciones de giberelinas y citoquininas sobre la materia seca de la Hierba luisa podría atribuirse a que el desarrollo de la materia seca en las plantas según Halpern et al. (2015), es influenciado por una interacción compleja de factores, que incluyen la fotosíntesis, la respiración, la disponibilidad de nutrientes, la fase de crecimiento y condiciones ambientales. La respuesta de la planta a las hormonas de crecimiento puede depender de la combinación específica de estos factores y, además, según Bulgari et al. (2019) y Bartucca et al. (2022), la cantidad de hormonas aplicadas y momento de aplicación pueden afectar su impacto en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Respecto al peso vegetativo (Tabla 13), aritméticamente las cifras más altas se registraron en T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). Se puede inferir que las dosis más altas del bioestimulante tienen un impacto significativo en esta variable, porque una disminución en dicha dosis resulta en valores considerablemente menores. Además, los distanciamientos de siembra también influyen, ya que el número de plantas está condicionado por este factor.

Tabla 13. Peso vegetativo (t/ha) de los tratamientos en estudio.

Distanciamiento de siembra			Peso fresco vegetativo	
Clave	Distanciamiento	Plantas/ha	(g)	(t/ha)
T ₁	20 cm x 50 cm	100 000,00	959,65	95,97
T ₂	30 cm x 50 cm	66 666,00	968,39	64,56
T ₃	20 cm x 50 cm	100 000,00	1 154,78	115,48
T ₄	30 cm x 50 cm	66 666,00	1 181,66	78,78
T ₅	20 cm x 50 cm	100 000,00	1 416,34	141,63
T ₆	30 cm x 50 cm	66 666,00	1 452,75	96,85
T ₇	20 cm x 50 cm	100 000,00	958,26	95,83
T ₈	30 cm x 50 cm	66 666,00	972,91	64,86
T ₉	20 cm x 50 cm	100 000,00	1 150,44	115,04
T ₁₀	30 cm x 50 cm	66 666,00	1 185,04	79,00
T ₁₁	20 cm x 50 cm	100 000,00	1 412,93	141,29
T ₁₂	30 cm x 50 cm	66 666,00	1 567,86	104,52

Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

La influencia de dosis elevadas de giberelinas y citoquininas en combinación con un menor distanciamiento de siembra en el peso fresco de la Hierba luisa podría deberse a varios factores. Las giberelinas son conocidas por estimular el crecimiento y la elongación celular, mientras que las citoquininas están asociadas con la división celular y la proliferación de tejidos (Elizondo, 2010; Du Jardin, 2015; Halpern et al., 2015; Jordán y Casaretto, 2016). Por eso, en combinación, estos bioestimulantes podrían haber promovido un mayor desarrollo vegetativo, resultando en plantas más grandes y con mayor peso fresco. Asimismo, Un menor distanciamiento de siembra implica una mayor competencia entre las plantas por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que podría haber estimulado un crecimiento más activo para competir por estos recursos limitados. Esto, a su vez, podría haber contribuido al aumento en el peso fresco de las plantas.

4.7. Contenido de aceite esencial

En relación con la concentración de aceite esencial de Hierba luisa, se ha logrado en los tratamientos T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]). La distinción entre ambos radica únicamente en la elección del bioestimulante (giberelina en el caso de T₅ y citoquinina en T₁₁), manteniendo constantes tanto las dosis como la separación entre las siembras. Asimismo, los tratamientos T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]) y T₈ (0 % Citoquinina + Distanciamiento [30 cm x 50 cm]), alcanzaron los menores niveles en contenido de aceite (Tabla 14).

Este hallazgo, podría demostrar que la influencia de altas dosis de giberelina y citoquinina en interacción con un distanciamiento de siembra menor en la obtención del contenido de aceite en Hierba luisa, podría estar relacionada con varios factores fisiológicos y agronómicos donde las citoquininas y giberelinas juegan un rol importante de la forma siguiente: a) Tanto la giberelina como la citoquinina son conocidas por su capacidad para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas (Gubler et al., 2002; Elizondo, 2010). Quispe (2004) reportó que a los 120 días obtuvo 3,12 ml/parcela, viniendo ser la mitad de lo obtenido pero a los 160 duplicó su medición inicial 7,6 ml/parcela obteniendo un resultado similar al promedio obtenido 6,63 ml/parcela, demostrando así que mayores dosis de abonamiento/bioestimulantes favorecen a la planta en la producción de aceites. Por lo tanto, es posible que la aplicación de elevadas dosis de bioestimulantes podría estar promoviendo un desarrollo vegetativo más vigoroso en la planta de Hierba luisa, lo que según Halpern et al. (2015), podría llevar a una mayor producción de biomasa. Esta producción de biomasa incluye partes de la planta que contribuyen al aceite esencial y por lo tanto, habría mayor producción de este aceite. b) De acuerdo a Bulgari et al. (2019) y Bartucca et al. (2022), los bioestimulantes pueden influir en la biosíntesis de compuestos secundarios, como los que componen el aceite esencial. Es posible que las elevadas dosis de giberelina y citoquinina hayan afectado las rutas metabólicas responsables de la síntesis de los componentes del aceite esencial, resultando en una mayor acumulación de estos compuestos.

La relación entre el uso de altas concentraciones de giberelina y citoquinina y un distanciamiento de siembra reducido en la producción de aceite esencial de Hierba luisa podría estar influenciada por una combinación de factores hormonales y agronómicos. De acuerdo con Taiz y Zeiger (2014), las giberelinas y citoquininas son hormonas clave en la promoción del crecimiento y la división celulares, lo que podría explicar el aumento de biomasa vegetativa observado en tratamientos con dosis elevadas de estas hormonas. Este incremento en biomasa, como señala Farooqi et al. (2017), puede estar directamente relacionado con un aumento en la

capacidad de la planta para sintetizar y acumular aceites esenciales. Por otro lado, estudios como el de Rademacher (2015) sugieren que la interacción entre hormonas y el manejo del distanciamiento de siembra puede influir en la distribución de recursos dentro de la planta, optimizando la absorción de nutrientes y la fotosíntesis, lo cual favorece la síntesis de compuestos volátiles como los aceites esenciales. Además, según Ram et al. (2019), la optimización del espacio entre plantas no solo promueve un desarrollo más eficiente de las mismas, sino que también puede mejorar la calidad y cantidad de los metabolitos secundarios producidos, como es el caso del aceite esencial en Hierba luisa.

Este análisis pone de relieve la importancia de manejar adecuadamente tanto las dosis de los bioestimulantes como el distanciamiento de siembra para maximizar la producción de biomasa y aceites esenciales en plantas aromáticas.

Tabla 14. Contenido de aceite esencial de Hierba luisa por tratamiento en estudio.

Clave	Peso fresco vegetativo promedio (g)	Aceite esencial de Hierba luisa		
		(ml/500 g)	(ml)	(L/ha)
T ₅	1 416,34	2,36	6,69	668,35
T ₁₁	1 412,93	2,34	6,61	660,82
T ₉	1 150,44	2,36	5,43	542,80
T ₃	1 154,78	2,34	5,40	540,07
T ₁₂	1 567,86	2,37	7,43	495,17
T ₁	959,65	2,36	4,53	452,65
T ₆	1 452,75	2,33	6,77	451,08
T ₇	958,26	2,34	4,48	448,34
T ₄	1 181,66	2,37	5,60	373,19
T ₁₀	1 185,04	2,33	5,52	368,14
T ₈	972,91	2,35	4,57	304,56
T ₂	968,39	2,35	4,55	303,30

Leyenda:

T₁ (0 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₂ (0 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₃ (2 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₄ (2 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₆ (4 % BG + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

BG=Bioestimulante con Giberelina 9,89 g/L

T₇ (0 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₈ (0 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₉ (2 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₁₀ (2 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

T₁₁ (4 % BC + Distanciamiento [20 cm x 50 cm])

T₁₂ (4 % BC + Distanciamiento [30 cm x 50 cm])

BC=Bioestimulante con Citoquinina 0,05 %/L

Por otro lado, un distanciamiento de siembra menor podría influir en la competencia por los nutrientes entre las plantas. En presencia de elevadas dosis de giberelina y citoquinina, las plantas podrían estar respondiendo con mayor crecimiento y, por lo tanto, una mayor demanda de nutrientes. Esto podría llevar a una mayor absorción de nutrientes del suelo,

que incluye aquellos que son precursores esenciales para la síntesis de aceites esenciales. Asimismo, en un menor distanciamiento de siembra según Siura y Ugás (2001), Quispe (2004) y Gamarra (2006), puede influir en el microclima alrededor de las plantas, creando condiciones más favorables para la fotosíntesis y otros procesos metabólicos. En combinación con los bioestimulantes, esto podría resultar en una mayor eficiencia en la producción de compuestos volátiles, como los presentes en el aceite esencial. Finalmente, la relación entre los distanciamientos de siembra, dosis de bioestimulantes y producción de aceite esencial puede ser compleja y depender de interacciones específicas entre estos factores.

4.8. Correlación de las variables estudiadas

La Figura 10 muestra la matriz de correlación de Pearson, la cual evidencia las relaciones lineales entre las variables morfológicas y productivas de la Hierba luisa. Se observa una correlación fuerte y positiva entre el peso fresco vegetativo (g) y el contenido de aceite esencial (ml) ($r \approx 0,99$), lo que indica que a mayor biomasa fresca, mayor producción de metabolitos secundarios, sustentado en el hecho fisiológico de que la acumulación de aceite depende de la masa vegetativa disponible. Asimismo, se identifican correlaciones moderadas positivas entre la longitud y el ancho de hoja ($r \approx 0,63$), reflejando un crecimiento armónico del follaje, y entre la altura final y el número de macollos ($r \approx 0,25$), aunque esta última de baja magnitud. Por otro lado, los macollos finales presentan correlaciones negativas con el peso fresco y el aceite esencial, lo que sugiere que una mayor ramificación no siempre se traduce en mayor biomasa ni en mayor rendimiento de metabolitos. Finalmente, las correlaciones débiles entre la altura de planta y las dimensiones foliares indican independencia entre estas variables.

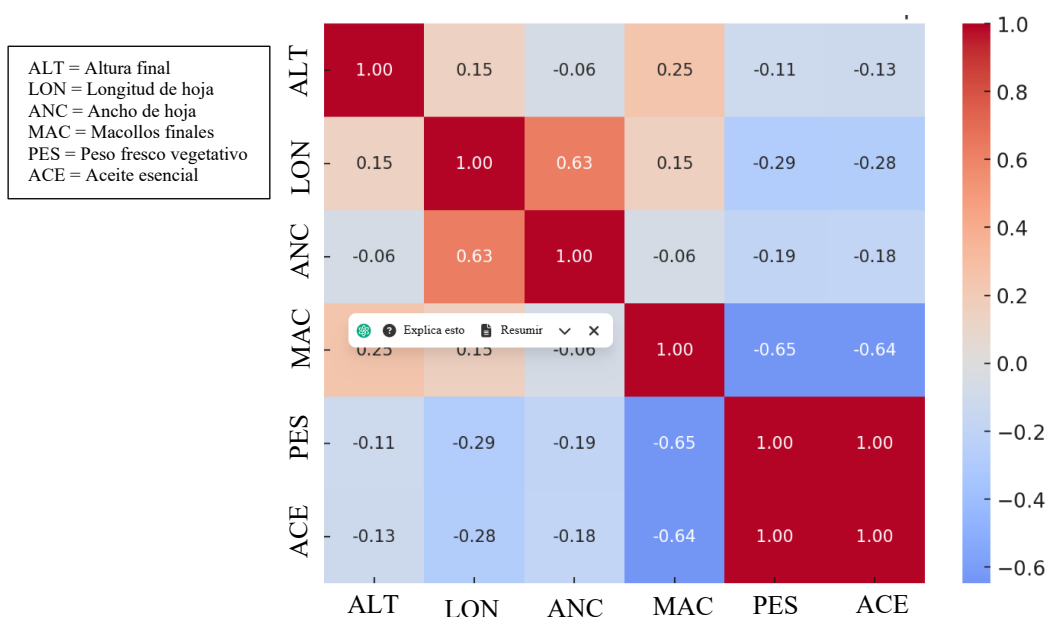


Figura 10. Matriz de correlación de Pearson

V. CONCLUSIONES

1. La aplicación de dos dosis diferentes de giberelinas y citoquininas en esquejes de Hierba luisa, junto con dos distanciamientos de siembra distintas, no mostró diferencias estadísticamente significativas en variables como la altura de la planta (101 cm), biometría de la hoja, longitud radicular (38,4 cm), materia seca (22,83 g) y contenido de aceites(6,69 ml). No obstante, se observó que, desde una perspectiva estadística, las dosis elevadas de giberelinas y citoquininas favorecieron una mayor tasa de éxito en la brotación de esquejes de Hierba luisa. Además, se verificó que dosis más altas (4,00 %) de ambos bioestimulantes y un mayor distanciamiento de siembra (30 cm x 50 cm) influyeron significativamente en la mayor emisión de macollos. Asimismo, se constató que la aplicación de citoquininas tuvo un impacto significativamente mayor en la emisión de macollos en comparación con la aplicación de giberelinas.
2. Al examinar diversas variables para identificar la dosis y el bioestimulante más efectivo en la producción de Hierba luisa, se encontró evidencia estadística que respalda que el 4 % de citoquinina tuvo una influencia más destacada en la formación de macollos y el porcentaje de prendimiento llegando a tener 100 % de prendimiento en toda la evaluación. Además, de manera aritmética, se observó que esta dosis favoreció la obtención de plantas con mayor materia seca y contenido de aceites esenciales.
3. En otro aspecto, se verificó de manera significativa que los distanciamientos de siembra no tuvieron un impacto relevante en las diferentes variables evaluadas en relación con la producción de Hierba luisa, excepto en el caso del distanciamiento de siembra de 30 cm x 50 cm (74,93 en promedio). Esta última demostró significativamente una mayor emisión de macollos por planta en comparación con otros distanciamientos de siembra.
4. Se identificaron dos tratamientos con resultados equiparables en la producción de aceite esencial de Hierba luisa, específicamente los tratamientos T₅ (4 % BG + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]) y T₁₁ (4 % Citoquinina + Distanciamiento [20 cm x 50 cm]), generando 668,35 y 660,82 L/ha de aceite esencial, respectivamente. Estos resultados muestran diferencias únicamente en términos aritméticos en la localidad de Tingo María.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Se propone diseñar un estudio más detallado centrado en la optimización de la propagación de Hierba luisa mediante el ajuste de las dosis de giberelinas y citoquininas. A su vez, se debe evaluar específicamente la influencia de dosis más altas de ambos bioestimulantes, en particular el 4 % de citoquinina, en la tasa de éxito de la brotación y la emisión de macollos. Investigar cómo los diferentes distanciamientos de siembra pueden interactuar con las dosis de bioestimulantes para influir en la emisión de macollos y analizar la relación entre la aplicación de citoquininas y giberelinas en la emisión de macollos, considerando la influencia relativa de cada bioestimulante.
2. Realizar un estudio más extenso centrado exclusivamente en los distanciamientos de siembra, especialmente en el distanciamiento de 30 x 50 cm que demostró tener un impacto significativo en la emisión de macollos. Examinar si el distanciamiento de siembra tiene influencia en otras etapas del desarrollo de la Hierba luisa, como la calidad del aceite esencial, la concentración de principios activos, o la resistencia a enfermedades y plagas.

VII. REFERENCIAS

- Antolínez, J., De Colmenares, N., Usubillaga, A., Dargán, E., y Linares, S. (2008). Evaluación de variables agronómicas en el cultivo de limonaria (*Cymbopogon citratus* Stapf) para la producción de aceite esencial. *Interciencia*, 33(9), 693-699. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33933912>
- Azcón, J., y Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.L. <https://tinyurl.com/3azdmdzn>
- Baidal, J. (2021). *Evaluación morfológica y organoléptica del cultivo de Hierba luisa (Cymbopogon citratus Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/352ba48a-9cc2-4a49-b3b5-45493c909a5f>
- Bartucca, M., Cerri, M., Del Buono, D., Forni, C. (2022). Use of biostimulants as a new approach for the improvement of phytoremediation performance—a review. *Plants* 2022, 11(15), 1946 – 1971. <https://doi.org/10.3390/plants11151946>
- Bulgari, R., Franzoni, G., y Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 306-336. <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/6/306>
- Cabrera, A., y Cañas, Y. (2007). *Producción orgánica de Hierba luisa (Cymbopogon citratus)* (Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Loja Loja-Ecuador.
- Camus, E., y De La Cruz, N. (2019). *Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de Cymbopogon citratus* [Tesis de pregrado, Universidad María Auxiliadora]. Repositorio Institucional UMA. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/248>
- Cerón, J., Silva, F., Adiazola, J., y Miranda, C. (1996). Evaluación agronómica de la Hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Staph) con diferentes niveles de nitrógeno y momentos de cosecha en un suelo ex cocal de Tingo María. *Tropicultura*, 8(1-2), 66-82. <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/CDinvestigacion/UNAS/unas8/unas8-07.htm>
- Crop Business. (2020). Ficha técnica Citocinesis®. *Crop Business S.A.* <https://cropbusiness.com/producto/citocinesis/>
- Cuya, M. (2023). *Fenoles totales, capacidad antioxidante, microelementos y evaluación sensorial en infusiones de cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) con hojas de especies aromáticas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2426>

- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci Horic*, 196,3-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Durand, R., y Iturrizaga, D. (2021). *Evaluación del efecto de limpieza y antimaterial de jabón a partir del lixiviado de greda y grasa de vacuno, aromatizado con aceite esencial de Hierba luisa (Cymbopogon citratus)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7115>
- Estrada, D., Marroquín, R., Saguil, J., Valiente, F., Casasola, A., Suchini, J., y Estrada, K. (2021). Citronela, *Cymbopogon winterianus* – *Cymbopogon nardus*. *Asociación Guatemalteca de Exportadores AGEXPORT*. <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-citronela.pdf>
- Elizondo, J. (2010). *Evaluación de prohexadione-ca, trinexapac etil, ácido 2-(Cloroetil) fosfónico y extracto de plantas y mezclas de bacterias sobre la biomasa y rendimiento del arroz (Oryza sativa) variedad CER-09* [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Instituto Tecnológico De Costa Rica]. Repositorio Institucional TEC: <https://repositorioteC.teC.aC.cr/handle/2238/3976>
- Farooqi, A. A., Sharma, S., & Sreeramu, B. S. (2017). Cultivation of medicinal and aromatic crops. Universities Press
- Fichet, T. (2017). Biosíntesis de las fitohormonas y modo de acción de los reguladores de crecimiento. Serie Nutrición Vegetal N° 92. *Artículos Técnicos de INTAGRI*. <https://tinyurl.com/59dszb48>
- Gamarra, F. (2006). *Diagnóstico de problemas insectiles asociados al cultivo de Hierba luisa (Cymbopogon citratus (OC.) Staph) en Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/69>
- Grupo Andina. (2015). Ficha técnica Gib-Bex®. *Grupo Andina*. http://grupoandina.com.pe/media/uploads/ficha_tecnica/gib-bex-ficha_tecnica.pdf
- Gubler, F., Chandler, P., White, R., Llewellyn, D., y Jacobsen, J. (2002). Gibberellin signaling in barley aleurone cells. Control of SLN1 and GAMYB expression. *Plant Physiology*, 129,191-200. <https://tinyurl.com/3x3679tc>
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Müller, T., y Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130, 141-174. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>

- Jordán, M., y Casaretto, J. (2016). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Universidad de La Serena*. <https://tinyurl.com/5xuaeck2>
- Lazz, A. (2022). *Fertilización orgánica del cultivo de Hierbaluisa (Cymbopogon citratus) en la provincia de Los Ríos, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional UTC. <https://repositorio.utC.edu.ec/handle/27000/8574>
- Linares, S., Gonzalez, N., Gómez, E., Usubillaga, A., y Darghan, E. (2011). Efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* Stapf. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 22(3), 250-263. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26585>
- Quispe, J. (2004). *Fertilización nitrogenada y momento de corte de uniformidad de la “Hierba luisa” (Cymbopogon citratus (DC.) Stapf) en suelos ácidos (ex- cocal) de Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/43>
- Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4).
- Ramos, E. (12 de marzo del 2021). Perú incrementó notablemente su exportación de Hierba luisa y sumó US\$ 2.3 millones en 2020. AGRARIA – Agencia Agraria de Noticias. <https://tinyurl.com/48feer7p>
- Ram, M., Ram, D., & Singh, R. (2019). Influence of plant spacing and hormonal application on the biomass and essential oil yield of aromatic plants. *Industrial Crops and Products*, 45.
- Siura, S., y Ugás, R. (2001). Cultivo de Hierbas aromáticas y medicinales. Folleto N° 10. Instituto Nacional de Investigación Agraria [INIA]. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/922>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Fisiología vegetal*. Sinauer Associates.

ANEXOS

Tabla 15. Resumen de datos obtenidos para el prendimiento de Hierba luisa durante la investigación.

Bioestimulante	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
Tratamiento	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₃	T ₃	T ₃	T ₃	T ₄	T ₄	T ₄	T ₄	T ₅	T ₅	T ₅	T ₅	T ₆	T ₆	T ₆	T ₆
Bloque	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Número de plantas	17	18	18	19	20	19	17	20	20	20	19	20	18	20	20	19	20	20	20	20	20	20	19	20
Porcentaje (%)	85	90	90	95	100	95	85	100	100	100	95	100	90	100	100	95	100	100	100	100	100	100	95	100
Bioestimulante	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
Tratamiento	T ₇	T ₇	T ₇	T ₇	T ₈	T ₈	T ₈	T ₈	T ₉	T ₉	T ₉	T ₉	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂
Bloque	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Número de plantas	17	18	20	20	19	19	20	19	19	20	20	20	19	19	20	20	20	20	20	20	19	20	20	20
Porcentaje (%)	85	90	100	100	95	95	100	95	95	100	100	100	95	95	100	100	100	100	100	100	95	100	100	100

Tabla 16. Resumen de datos obtenidos para altura de Hierba luisa durante la investigación.

Bioestimulante	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
Tratamiento	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₃	T ₃	T ₃	T ₃	T ₄	T ₄	T ₄	T ₄	T ₅	T ₅	T ₅	T ₅	T ₆	T ₆	T ₆	T ₆
Bloque	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30 ddt	55	57	49	37	45	52	62	39	58	59	62	50	55	55	54	57	51	39	53	49	65	59	57	51
60 ddt	80	82	74	62	70	77	83	64	83	82	79	75	80	80	79	82	76	64	78	74	86	84	82	76
90 ddt	91	93	85	84	81	88	94	75	94	93	90	86	91	91	90	93	87	83	89	85	97	95	93	87
120 ddt	99	101	93	92	89	96	102	83	102	101	98	94	99	99	98	101	95	91	97	93	105	103	101	95
Bioestimulante	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
Tratamiento	T ₇	T ₇	T ₇	T ₇	T ₈	T ₈	T ₈	T ₈	T ₉	T ₉	T ₉	T ₉	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂
Bloque	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30 ddt	54	51	57	54	54	57	57	58	55	57	43	46	39	62	65	41	59	63	58	37	54	37	48	54
60 ddt	79	76	82	79	79	82	82	83	80	82	68	71	64	87	81	66	73	77	83	62	79	62	73	79
90 ddt	90	87	93	90	90	93	93	94	91	93	79	82	82	98	92	84	84	88	94	80	90	83	84	90
120 ddt	98	95	101	98	98	101	101	102	99	101	87	90	90	106	100	92	92	96	102	88	98	91	92	98

Tabla 17. Resumen de datos obtenidos para el número de macollos de Hierba luisa durante la investigación.

Bioestimulante	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
Tratamiento	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₃	T ₃	T ₃	T ₃	T ₄	T ₄	T ₄	T ₄	T ₅	T ₅	T ₅	T ₅	T ₆	T ₆	T ₆	T ₆
Bloque	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30 ddt	0,28	0,26	0,75	0,14	0,12	0,23	0,64	0,30	0,17	0,21	0,35	0,54	0,11	0,16	0,16	0,28	0,17	0,17	0,33	0,33	0,33	0,17	0,20	0,79
60 ddt	5,50	5,67	5,50	5,83	5,83	5,67	5,67	5,83	7,33	7,67	7,50	7,17	7,00	7,83	7,83	7,67	8,33	8,33	8,50	8,00	8,33	8,33	8,50	8,33
90 ddt	29,3	29,7	28,0	30,2	30,3	31,7	30,7	32,3	39,0	42,8	40,5	40,7	39,7	42,5	42,7	42,3	45,2	45,5	46,7	47,3	45,0	48,2	46,8	49,0
120 ddt	59,5	58,7	58,0	59,2	58,5	60,2	58,5	60,5	73,8	68,7	72,0	68,7	73,2	71,2	73,5	72,0	86,8	86,2	88,5	86,0	88,7	88,2	90,5	89,0
Bioestimulante	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
Tratamiento	T ₇	T ₇	T ₇	T ₇	T ₈	T ₈	T ₈	T ₈	T ₉	T ₉	T ₉	T ₉	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂
Bloque	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
30 ddt	0,55	0,63	0,96	0,22	0,67	0,49	0,03	0,37	0,33	0,29	0,83	0,21	0,17	0,16	0,59	0,59	0,67	0,33	0,17	0,33	0,50	0,17	0,00	0,00
60 ddt	5,50	5,50	5,67	5,33	5,83	5,67	6,00	6,17	7,33	7,50	7,33	7,33	7,67	7,83	8,17	7,67	8,83	8,50	8,50	8,50	8,67	8,50	8,67	9,00
90 ddt	31,3	27,0	30,7	31,2	32,3	29,7	32,7	33,3	38,3	42,2	39,2	41,7	38,7	42,5	42,7	43,3	51,0	46,2	46,5	47,5	51,5	51,5	51,2	55,0
120 ddt	59,5	56,7	59,0	60,2	58,5	58,2	59,5	62,5	74,3	66,5	71,7	69,7	74,2	71,3	72,5	73,0	89,2	86,7	83,7	87,2	97,2	93,7	95,7	98,2

Tabla 18. Resumen de datos obtenidos para los pesos de Hierba luisa durante la investigación.

Tratamiento	T ₁	T ₁	T ₁	T ₁	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₂	T ₄	T ₄	T ₄	T ₄
Bioestimulante	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
Dosis	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
BLOQUE	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
PF media (g)	1492	1471	1454	1483	1467	1508	1467	1517	1851	1721	1805	1721	1834	1784	1843	1805
PS media (g)	330	326	322	329	325	334	325	336	410	381	400	381	406	395	408	400
PF vegetativo Media (g)	970	956	945	964	953	981	953	986	1203	1119	1173	1119	1192	1160	1198	1173
Tratamiento	T ₅	T ₅	T ₅	T ₅	T ₆	T ₆	T ₆	T ₆	T ₇	T ₇	T ₇	T ₇	T ₈	T ₈	T ₈	T ₈
Bioestimulante	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
Dosis	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
BLOQUE	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
PF media (g)	2177	2160	2219	2156	2223	2210	2269	2231	1492	1421	1479	1508	1467	1458	1492	1567
PS media (g)	482	478	491	477	492	489	502	494	330	314	328	334	325	323	330	347
PF vegetativo Media (g)	1415	1404	1442	1401	1445	1437	1475	1450	969	923	961	980	953	948	969	1019
Tratamiento	T ₉	T ₉	T ₉	T ₉	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂	T ₁₂
Bioestimulante	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
Dosis	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
Distanciamiento	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2	c1	c1	c1	c1	c2	c2	c2	c2
BLOQUE	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
PF media (g)	1863	1667	1796	1746	1859	1788	1817	1830	2235	2172	2098	2185	2436	2348	2398	2461
PS media (g)	413	369	398	387	412	396	402	405	495	481	465	484	539	520	531	545
PF vegetativo Media (g)	1211	1084	1168	1135	1209	1162	1181	1189	1453	1412	1363	1420	1583	1526	1559	1600

Tabla 19. Resumen de datos obtenidos para el contenido de aceite esencial (ml) de Hierba luisa.

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Distancia	B-I	B-II	B-III	B-IV	Promedio (ml)
T ₁	a1	b1	c1	2,37	2,37	2,39	2,31	2,36
T ₂	a1	b1	c2	2,36	2,36	2,32	2,35	2,35
T ₃	a1	b2	c1	2,31	2,33	2,34	2,37	2,34
T ₄	a1	b2	c2	2,35	2,36	2,38	2,37	2,37
T ₅	a1	b3	c1	2,37	2,35	2,36	2,36	2,36
T ₆	a1	b3	c2	2,34	2,32	2,35	2,31	2,33
T ₇	a2	b1	c1	2,34	2,34	2,32	2,35	2,34
T ₈	a2	b1	c2	2,32	2,38	2,34	2,37	2,35
T ₉	a2	b2	c1	2,34	2,36	2,38	2,34	2,36
T ₁₀	a2	b2	c2	2,38	2,31	2,33	2,31	2,33
T ₁₁	a2	b3	c1	2,33	2,35	2,34	2,35	2,34
T ₁₂	a2	b3	c2	2,36	2,38	2,38	2,37	2,37

Tabla 20. Altura (cm) promedio de Hierba luisa por tratamiento.

Tratamiento	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
T ₁	49,50	74,50	88,25	96,25
T ₂	49,50	73,50	84,50	92,50
T ₃	57,25	79,75	90,75	98,75
T ₄	57,25	80,25	91,25	99,25
T ₅	57,25	73,00	86,00	94,00
T ₆	57,25	82,00	93,00	101,00
T ₇	57,25	79,00	90,00	98,00
T ₈	57,25	81,50	92,50	100,50
T ₉	57,25	75,25	86,25	94,25
T ₁₀	57,25	74,50	89,00	97,00
T ₁₁	57,25	73,75	86,50	94,50
T ₁₂	57,25	73,25	86,75	94,75

Tabla 21. Número promedio de macollos de Hierba luisa por tratamiento.

Tratamiento	30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
T ₁	0,36	5,63	29,29	58,84
T ₂	0,32	5,75	31,25	59,42
T ₃	0,32	7,42	40,75	70,79
T ₄	0,18	7,58	41,79	72,46
T ₅	0,25	8,29	46,17	86,88
T ₆	0,37	8,37	47,25	89,09
T ₇	0,59	5,50	30,04	58,84
T ₈	0,39	5,92	32,00	59,67
T ₉	0,42	7,37	40,34	70,54
T ₁₀	0,38	7,84	41,79	72,75
T ₁₁	0,38	8,58	47,79	86,67
T ₁₂	0,17	8,71	52,29	96,17

**Figura 11.** Preparación y delimitación del campo experimental para siembra de Hierba luisa.



Figura 12. Obtención y preparación de plantas de Hierba luisa (tres días antes de la siembra).



Figura 13. Siembra de Hierba luisa según los tratamientos en estudio (20 de julio del 2022).



Figura 14. Fertilización del cultivo de la Hierba luisa 30 días después de la siembra.



Figura 15. Desarrollo vegetativo de la Hierba luisa a los 45 días después de la siembra.



Figura 6. Ultimo control de malezas en el cultivo de Hierba luisa a los 75 días después de la siembra.



Figura 7. Evaluación final de Hierba luisa en campo experimental.



Figura 8. Toma de datos y evaluación del peso fresco de la Hierba luisa en laboratorio.



Figura 9. Deshidratación de las plantas de Hierba luisa en cámara seca por 72 horas.



Figura 20. Evaluación del peso seco de la Hierba luisa.



Figura 21. Preparación de muestras para la extracción de aceite esencial de Hierba luisa.



Figura 22. Evaluación de la extracción de aceite esencial.



Figura 23. Visita de campo de presidente de jurado y asesor de tesis.