



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

Efecto del ácido giberélico sobre crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar
(*Saccharum officinarum* L.) en el Valle de Huaura

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

Autor

Jerson Alberto Pichi Perez

Asesor

Dr. Edison Goethe Palomares Anselmo



Huacho - Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N.º 012-2020-SUNEDU/CD)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentaria y Ambienta

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACION
Pichi Perez, Jerson Alberto	63139420	18/12/2025
DATOS DEL ASESOR		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Palomares Anselmo Edison Goethe	15605363	0000-0002-4473-0422
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO- MAESTRÍA – DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CODIGO ORCID
Dr. Tirado Malaver, Roberto Hugo	44565193	0000-0002-4615-5310
Mg. Azabache Cubas, Elvia Elizabeth	16785502	0000-0002-0027-4349
Dr. Campo Julca, Angel Pedro	15733670	0000-0002-1418-6104

Jerson Alberto Pichi Perez Exp 095415

Efecto del ácido Giberélico sobre crecimiento y desarrollo de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Valle de Huaura

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental 2025

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3423633754

Fecha de entrega

24 nov 2025, 4:20 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

24 nov 2025, 4:28 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_JERSON_ALBERTO_PICHI_PEREZ_1.pdf

Tamaño del archivo

2.1 MB

65 páginas

14.174 palabras

70.572 caracteres



Página 2 de 72 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::1:3423633754

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Un agradecimiento eterno a mis padres, que siempre me han guiado por el camino adecuado. Por su ayuda persistente, por los sacrificios que han hecho y por su comprensión incondicional, gracias. Este logro lo dedico sinceramente a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por haberme proporcionado una educación académica de alta calidad, que es un pilar esencial en mi crecimiento profesional.

A los respetados profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por su dedicación, compromiso y por compartir sus saberes con generosidad.

En particular, al doctor Edison Goethe Palomares Anselmo, mi orientador, por su continua dirección, paciencia y soporte durante este período.

De igual manera, agradezco a los integrantes del jurado: Dr. Roberto Hugo Tirado Malaver, Mg Elvia Elizabeth Azabache Cubas, Dr. Ángel Pedro Campos Julca, por sus importantes recomendaciones y observaciones que ayudaron a mejorar este trabajo de manera significativa.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema general.	3
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.	4
1.4 Justificación de la investigación	4
1.5 Delimitación del estudio	5
1.5.1 Delimitación Espacial.	5
1.5.2 Delimitación Temporal.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales.	5
2.1.2 Antecedentes Nacionales.	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Ácido giberélico.....	9
2.2.2 Clasificación taxonómica.....	9
2.2.3 Morfología	10
2.2.3.1 Tallo.....	10
2.2.3.2 Hoja.....	10
2.2.3.3 Inflorescencia.....	10
2.2.3.4 Raíces.....	10
2.2.3.5 Fruto.....	10
2.2.4 Fenología de la caña de azúcar	10
2.2.4.1 Germinación (7–35 días):	11
2.2.4.2 Amacollamiento (35–40 días):	11
2.2.4.3 Crecimiento rápido (120–180 días):	11
2.2.4.4 Maduración (2–3 meses):	11

2.2.4.5 Cosecha (11–16 meses):	11
2.2.5 Factores Edafoclimáticos suelo, agua y clima	11
2.2.5.1 Factor suelo.....	11
2.2.5.2 Factor Agua.	11
2.2.5.3 Factor clima.	12
2.2.5.4 Temperaturas.	12
2.3 Definición de términos básicos.....	13
2.3.1 Acido Giberélico (AG ₃).....	13
2.3.2 Crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar	13
2.3.3 Variedad de Caña de azúcar: IAC 10-9091	13
2.3.4 Características agronómicas.	14
2.3.5 Fitohormona.....	14
2.3.6 Reguladores de crecimiento.....	14
2.3.7 Condiciones Climáticas	14
2.3.8 Número de esquejes	15
2.3.9 Macollamiento	15
2.3.10 Capacidad de depósito (sink size).....	15
2.3.11 Calidad y cantidad de °Brix	15
2.4 Hipótesis de la investigación	15
2.4.1. Hipótesis general	15
2.4.2. Hipótesis específicas.....	15
2.5 Operacionalización de las variables.....	16
CAPÍTULO III. METODOLOGIA	17
3.1 Diseño metodológico	17
3.1.1 Ubicación.....	17
3.1.2 Característica del área experimental	17
3.1.2.1 Características de la unidad experimental.	17
3.1.2.2 Características de bloques.....	17
3.1.2.3 Características del área experimental.	18
3.2 Población y muestra.....	18
3.2.1 Población	18
3.2.2 Muestra	18
3.3 Técnicas de recolección de datos.....	18
3.3.1 Materiales e insumos	18
3.3.1.1 Materiales.	18

3.3.1.2 Equipos.	18
3.3.1.3 Insumos.	18
3.3.2 Tratamientos.	19
3.3.3 Diseño estadístico.	19
3.3.4 Variables a evaluar.	22
3.3.4.1 Número de entrenudos por tallo.	22
3.3.4.2 Longitud de entrenudos.	22
3.3.4.3 Número de tallos por metro lineal.	22
3.3.4.4 Longitud del tallo.	22
3.3.4.5 Longitud al punto natural de quiebre.	22
3.3.4.6 Diámetro del tallo.	22
3.3.4.7 Longitud de hoja.	22
3.3.4.8 Ancho de hoja.	22
3.3.4.9 Altura de planta.	23
3.3.5 Conducción del experimento.	23
3.3.5.1 Preparación del campo.	23
3.3.5.2 Establecimiento del experimento.	23
3.3.5.3 Aplicación de materia orgánica.	23
3.3.5.4 La Semilla.	23
3.3.5.5 Siembra.	24
3.3.5.6 Aplicación de los tratamientos.	24
3.3.5.7 Riegos.	24
3.3.5.8 Fertilización.	24
3.3.5.9 Control de malezas.	24
3.3.5.10 Control fitosanitario.	24
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.	25
4.1 Número de entrenudos por tallo.	25
4.2. Longitud de entrenudos.	26
4.3. Número de tallos por metro lineal.	27
4.4 Longitud del tallo.	28
4.5 Longitud al punto de quiebre.	29
4.6 Diámetro del tallo (mm).	30
4.7 Longitud de hoja.	31
4.8 Ancho de hoja.	32

4.9. Altura de plan	33
CAPÍTULO V. DISCUSION	34
5.1 Número de entrenudos por tallo	34
5.2 Longitud de entrenudos	34
5.3 Número de tallos por metro lineal	35
5.4 Longitud del tallo.....	35
5.5 Longitud al punto de quiebre	35
5.6 Diámetro del tallo	35
5.7 Longitud y Ancho de hoja	36
5.8 Altura de planta.....	36
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
6.1 Conclusiones.....	36
6.2 Recomendaciones	37
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS	38
ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos meteorológicos	13
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables.	16
Tabla 3 Tratamientos utilizados.	19
Tabla 4 Análisis de varianza (ANVA)	20
Tabla 5 Análisis de la Varianza para número de entrenudos por tallo.....	25
Tabla 6 Prueba Scott & Knott al 5% de número de entrenudos por tallo.....	25
Tabla 7 Análisis de la Varianza de longitud de entrenudos.	26
Tabla 8 Prueba Scott & Knott al 5% de longitud de entrenudos.....	27
Tabla 9 Análisis de la Varianza de Numero de Tallos por metro lineal.....	27
Tabla 10 Prueba de Scott & Knott al 5% de numero de tallos por metro lineal.....	28
Tabla 11 Análisis de la Varianza Longitud de Tallo.....	28
Tabla 12 Prueba de Scott & Knott al 5% de Longitud de Tallo.....	29
Tabla 13 Análisis de la Varianza longitud al punto de quiebre.....	29
Tabla 14 Prueba de Scott & Knott al 5% de longitud de punto de quiebre.....	30
Tabla 15 Análisis de la Varianza del diámetro de Tallo.....	30
Tabla 16 Prueba de Scott & Knott al 5% de diámetro de Tallo	31
Tabla 17 Análisis de la Varianza Longitud de Hoja.....	31

Tabla 18 Prueba de Scott & Knott al 5% de Longitud de Hoja.....	32
Tabla 19 Análisis de la Varianza de Ancho de Hoja.....	32
Tabla 20 Prueba de Scott & Knott al 5% de ancho de hoja.....	32
Tabla 21 Análisis de la Varianza de Altura de Planta (SC tipo III)	33
Tabla 22 Prueba de Scott & Knott al 5% de Altura de Planta.....	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la parcela de la investigación	17
Figura 2 Croquis del campo.....	21

RESUMEN

La presente investigación tuvo como **Objetivo** evaluar el efecto de distintas dosis de ácido giberélico (AG) sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el valle Huaura, Lima. **Metodología:** El experimento se desarrolló en el fundo “El Vallecito”, distrito de Végueta, aplicando seis tratamientos (0, 20, 25, 30, 35 y 40 g de AG ha⁻¹) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron nueve variables agronómicas, incluyendo número y longitud de entrenudos, número de tallos por metro lineal, longitud del tallo, longitud al punto de quiebre, diámetro del tallo, longitud y ancho de hoja, y altura de planta. **Resultados:** Los resultados mostraron efectos altamente significativos del AG en todas las variables evaluadas. La dosis de 40 g de AG ha⁻¹ generó los mayores valores en altura de planta (277.49 cm), longitud de entrenudos (19.07 cm), diámetro del tallo (3.12 cm), longitud de hoja (162.97 cm) y número de tallos por metro lineal (19). No obstante, la dosis de 25 g ha⁻¹ también mostró eficiencia comparable en algunas características como longitud de hoja y longitud del tallo, representando una opción económicamente viable. **Conclusiones:** Se concluye que el ácido giberélico es un regulador de crecimiento efectivo para mejorar significativamente las características morfofisiológicas de la caña de azúcar, especialmente a dosis de 40 g ha⁻¹. Se recomienda realizar estudios complementarios sobre las etapas reproductivas y el contenido de azúcar para evaluar el impacto final en la productividad del cultivo.

Palabras claves: ácido giberélico, comportamiento, crecimiento, desarrollo.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different doses of gibberellic acid (GA) on the growth and development of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in the Huaura Valley, Lima. Methodology: The experiment was conducted at the El Vallecito farm in the district of Végueta, applying six treatments (0, 20, 25, 30, 35, and 40 g of GA ha⁻¹) under a randomized complete block design with three replicates. Nine agronomic variables were evaluated, including number and length of internodes, number of stems per linear meter, stem length, length to break point, stem diameter, leaf length and width, and plant height. Results: The results showed highly significant effects of GA on all variables evaluated. The 40 de AG ha⁻¹ dose produced the highest values for plant height (277.49 cm), internode length (19.07 cm), stem diameter (3.12 cm), leaf length (162.97 cm), and number of stems per linear meter (19). However, the 25 g ha⁻¹ dose also showed comparable efficiency in some characteristics such as leaf length and stem length, representing an economically viable option. Conclusions: It is concluded that gibberellic acid is an effective growth regulator for significantly improving the morphophysiological characteristics of sugarcane, especially at a dose of 40 g ha⁻¹. Further studies on the reproductive stages and az content are recommended. to assess the final impact on crop productivity.

Keywords: gibberellic acid, behavior, growth, development.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna, el uso de reguladores de crecimiento vegetal y bioestimulantes a resultado ser una forma ideal para maximizar el desarrollo, la producción y la calidad de los cultivos. Entre estos compuestos, el ácido giberélico (AG3) ha mostrado efectos significativos en la elongación de tallos, brotación y otros procesos fisiológicos que influyen directamente en el rendimiento agrícola. Diversas investigaciones a nivel internacional destacan el impacto positivo del AG3 y otros bioestimulantes en la caña de azúcar y otros cultivos. Por ejemplo, Kusum et al. (2024), en investigaciones realizadas en el centro de exploración de *Saccharum officinarum* L. de Uttar Pradesh, India, concluyeron que la aplicación de Ethrel y AG3 mejoró notablemente problemas comunes como la mala germinación, bajo macollamiento y rendimiento subóptimo, logrando mayor población de brotes, incremento del índice de área foliar y elongación del tallo. En un contexto similar, Cléber et al. (2024) en Brasil, demostraron que la aplicación foliar de nutrientes combinados con bioestimulantes como el AG3, ácido indolbutírico y kinetina en diferentes etapas del cultivo promovió eficientemente el crecimiento, la producción y también calidad en caña de azúcar en consecutivos ciclos de producción.

En el mismo enfoque, Fancelli (2023) resalta que el AG3, perteneciente al grupo de las giberelinas, promueve la división celular y la elongación del tallo, incrementando la producción al mejorar el alargamiento de entrenudos y diámetro del tallo. Asimismo, García et al. (2023), en un estudio con arándanos, reportó que la aplicación de AG3 a 12.5 mg L^{-1} aumentó significativamente la brotación de yemas axilares, el rendimiento del fruto y su calidad. También en caña de azúcar, Patiño (2020) evidenció que el uso de giberelinas a 30 g ha^{-1} produjo diferencias significativas en el número de entrenudos por tallo, así como mejoras en longitud y diámetro del tallo.

A nivel nacional, Eguizabal (2024), evaluando el uso de AG3 en alcachofa en el valle de Huaura, reportó que las dosis aplicadas influyeron positivamente en la altura de planta, número de ramas y rendimiento, superando al tratamiento testigo. De igual forma, Curo y Patriona (2022), en un estudio en la provincia de Ica con uva de mesa Red Globe, determinaron que el tratamiento con 50 ppm de AG3 logró mayores niveles de producción en comparación con otras combinaciones. En la región costa del Perú, Churano (2021) encontró que el bioestimulante “Codi Gib”, que contiene ácido giberélico, logró el mejor rendimiento en caña de azúcar con 49.9 tn ha^{-1} , superando al testigo y mejorando variables como altura, número de brotes y longitud de tallo.

Por otro lado, estudios en cultivos de *Pisum sativum* L. realizados por Sánchez et al. (2020) en Amazonas, evidenciaron que el AG3 favoreció la elongación de entrenudos, número de brotes y área foliar, mientras que Pareja (2025), al evaluar distintas concentraciones de AG3 en dos cultivares de alcachofa, encontró que las dosis de 30 y 40 ppm promovieron mayores rendimientos, mayor altura de planta, longitud de tallo y área foliar, posicionándose como las más efectivas.

Estos estudios respaldan la hipótesis de que la aplicación de AG3, ya sea como regulador de crecimiento o bioestimulante, puede mejorar significativamente parámetros morfológicos y productivos en diferentes cultivos. En particular, en la caña de azúcar, estos efectos se traducen en mejores rendimientos agrícolas, siendo clave para enfrentar limitaciones productivas y climáticas. Por tanto, el presente estudio se propone evaluar el efecto del ácido giberélico en el desarrollo de la caña de azúcar bajo condiciones específicas, con el objetivo de optimizar su comportamiento agronómico en crecimiento y desarrollo.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El Perú produce 12 millones de toneladas de caña al año para utilizarlo como azúcar o etanol, la principal región de producción en nuestro país es la Libertad comprendiendo el 52% del total, segundo lugar Lambayeque con 15%, Lima provincias entre 12% y 14%, esta producción se traduce de 1 a 1,2 millones de toneladas de azúcar anuales, en nuestro país el rendimiento promedio es de 125 a 130 toneladas de caña por hectárea, cosechándose todo el año. (Agrarias pe, 2025) (Minagri, 2024).

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo determinante en el aspecto económica y social de Perú, donde se enfrenta a múltiples desafíos que limitan su producción. Esta baja en la caña de azúcar del país se ve agravada por prácticas agrícolas inadecuadas y la falta de tecnologías apropiadas. la implementación de estas deficiencias, puede mejorar significativamente las variables agronómicas y la calidad del cultivo. En este contexto, el ácido giberélico (AG₃) ha sido identificado como un regulador del crecimiento que puede influir significativamente en el desarrollo de la caña de azúcar. La aplicación de AG₃ se ha asociado con mejoras en la elongación de los tallos, el aumento de la altura de las plantas y la mejora en la calidad del rendimiento, lo que resalta su importancia en la agricultura moderna (Tavares et al., 2018)

Esto sugiere que el uso del ácido giberélico (AG₃) no solo debe considerarse desde una perspectiva agronómica, sino también desde un enfoque biológico y molecular, lo que podría abrir nuevas vías para mejorar la eficiencia del cultivo. En resumen, el ácido giberélico (AG₃) tiene un impacto significativo sobre el desarrollo de la caña de azúcar en Perú. Su aplicación puede incrementar la altura de las plantas, el diámetro de los tallos y la calidad del rendimiento, haciendo de él, un componente esencial en las estrategias de manejo agronómico. lo que motiva la presente investigación efecto del ácido giberélico sobre el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el valle Huaura.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿La aplicación del ácido giberélico afectará el comportamiento agronómico de las plantas de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura?

1.2.2 Problemas específicos.

¿La aplicación del ácido giberélico afectará significativamente el crecimiento de la planta de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura?

¿La aplicación del ácido giberélico afectará significativamente el desarrollo de la planta de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura?

¿La aplicación del ácido giberélico determinará la dosis de mayor eficiencia en crecimiento y desarrollo de la planta de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto de la aplicación del ácido giberélico en el comportamiento agronómico de las plantas de caña de azúcar, en condiciones ambientales del valle Huaura.

1.3.2 Objetivos específicos.

Determinar el efecto del ácido giberélico en el crecimiento de la planta de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura.

Determinar el efecto del ácido giberélico en el desarrollo de la planta de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura.

Determinar la dosis de ácido giberélico de mayor eficiencia en crecimiento y desarrollo de la planta de caña de azúcar en condiciones ambientales del valle Huaura.

1.4 Justificación de la investigación

El crecimiento y desarrollo de la planta de caña de azúcar está ligado al equilibrio hormonal en este contexto la utilización de las fitohormonas como el ácido giberélico constituye un preponderante del rendimiento y la productividad asegurando una relación equilibrada entre la fase vegetativa y reproductiva para finalmente traducirse en mayor producción y sostenibilidad agrícola (Fancelli, 2023), por lo sustentado la presente investigación se justifica por la utilización de esta hormona reguladora de crecimiento y desarrollo, cuyos resultados contribuirán en el entendimiento del comportamiento agronómico, así también beneficiará a los productores cañeros de nuestra región.

1.5 Delimitación del estudio

1.5.1 Delimitación Espacial.

La investigación ejecutada se realizó en el departamento de Lima, Provincia de Huaura y en el distrito de Végueta, fundo vallecito, potrero San Antonio, Ubicado en las coordenadas UTM X: 281470.8874638937 m, Y: 8783292.591527551 m, zona 18, hemisferio sur y a 65 msnm.

1.5.2 Delimitación Temporal.

El trabajo de campo se ejecutó en la temporada de diciembre verano 2024 – octubre primavera 2025

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Kusum et al. (2024) evaluando los efectos del Ethrel y GA₃ en el crecimiento y el rendimiento en la caña de azúcar por el instituto de investigación caña de azúcar Uttar Pradesh, India realizaron investigaciones en campo durante 2021 al 2023 para evaluar influencia en el crecimiento de la caña, acumulación de sacarosa y rendimiento general llegando a determinar que su aplicación de estos elementos Ethrel y GA₃ incide en mejorar notablemente las limitaciones comunes en el cultivo de la caña de azúcar entre ellas tenemos la mala germinación, el bajo macollamiento esencial para incrementar la producción del cultivo de caña de azúcar y el rendimiento sub óptimos de los brotes. Concluyendo que la aplicación de giberelina implicó beneficio para el cultivo de caña en cuanto a mayor población de brotes, mayor índice de área foliar y una elongación del tallo.

Cléber et al. (2024) en su investigación realizada en la facultad de ciencias agronómicas de la Universidad de Sao Paulo State University Botucatu, Brazil, estudiando una estrategia fundamental para incrementar rendimientos y productividad de la caña de azúcar afirman que una de estas estrategia es la aplicación foliar de nutrientes y bioestimulantes en diferentes etapas del crecimiento de la caña de azúcar, por lo fundamentado evaluaron el impacto de la aplicación foliar de nutrientes (N, B, Cu y Zn) y un regulador de crecimiento como bioestimulante (ácido indol butírico, ácido giberélico y kinetina) en el metabolismo de la caña de azúcar, en la producción de tallos, azúcar y calidad,

realizando ensayos en 17 campos agrícolas en cuatro temporadas desde el 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021 con tres tiempos de cosecha (temprana, media tardía y tardía) siendo los tratamientos: sin aplicación foliar ni nutrientes (testigo), aplicación foliar del bioestimulante y nutrientes en la etapa vegetativa de la caña de azúcar, aplicación foliar del bioestimulante y nutrientes en la etapa de maduración de la caña de azúcar y aplicación foliar del bioestimulante y nutrientes tanto en la etapa vegetativa como en la maduración. Concluyendo que la aplicación foliar del bioestimulante y los nutrientes promovió eficientemente el crecimiento, la productividad y la calidad de las tres temporadas: temprana, media tardía y tardía.

Fancelli (2023) en su participación del simposio sobre Aplicaciones y perspectivas de bioestimulantes y biorreguladores en agricultura Rosario Argentina, señala que el uso de biorreguladores y/o bioestimulantes es importante para un equilibrio hormonal, uno de los reguladores importante pertenece al grupo de las giberelinas (ácido giberelinas AG₃), estas se localizan en hojas nuevas, yemas activas y entrenudos de brotes, la producción de giberelinas AG₃ es promovida por factores ambientales como baja temperatura y días largos, también se obtienen de colonias de hongos como *Gibberella fujikuroi*, a la fecha hay 166 giberelinas conocidas pero la mayoría esta inactiva, estas se transportan por el xilema y el floema siendo su misión la promoción y expansión del crecimiento, su contribución a la división celular, también su efecto en la elongación del tallo. Concluyendo que en caña de azúcar la giberelina aumenta producción porque incide en el alargamiento de entrenudos y diámetro del tallo induciendo un mejor desempeño y productividad de forma rentable.

García et al. (2023) en la investigación hace alusión a los de biorreguladores y estimulantes sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento de fruto arándano biloxi, realizada en el campus montesillo, Texaco, Estado de México, con el propósito de evaluar efecto en brotación de yemas axilares, crecimiento y rendimiento, aplicó cinco tratamientos en base a los biorreguladores (tidiazurón, ácido giberélico y ácido glutámico) y el extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) como bioestimulante. Concluyendo que el tratamiento que incluyó al ácido giberélico AG₃ a la dosis de 12.5 mg L⁻¹ aumentó un 46% la brotación de yemas, 28% el rendimiento del fruto, el 13% el calibre del fruto y 24% el peso individual del fruto. Finalmente señala que el uso de los biorreguladores coadyudó a lograr mayor rendimiento.

Patiño (2020) realizó un estudio sobre el aumento del crecimiento y desarrollo de la semilla de caña de azúcar var. cc 05-430 como reacción a la aplicación de ácido giberélico en predios del grupo industrial Riopaila castilla, valle del cauca Colombia, su objetivo fue evaluar la respuesta de la variedad CC 05-430 en caña de azúcar ante la aplicación de ácido giberélico, bajo un diseño estadístico de bloques completamente randomizados con 6 tratamientos y 3 repeticiones, los tratamientos utilizados fueron seis: 30, 25, 20, 15, 10, 0 g ha⁻¹ de ácido giberélico, las variables evaluadas fueron: número de entrenudos por tallo, tallos por metro lineal, longitud del tallo, longitud del tallo al punto natural de quiebre, diámetro del tallo, peso del tallo, número de esquejes. Concluyendo que las giberelinas a la dosis de 30 g ha⁻¹ mostró diferencias significativas para la variable de desarrollo de número de entrenudos por tallo, pero no en tallos por metro lineal, las variables de crecimiento longitud del tallo, longitud al punto natural de quiebre y diámetro logró respuesta positiva, la variable diámetro no tuvo diferencia entre los tercios medios.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

Eguizabal (2024) llevo a cabo una investigación sobre efecto de dosis del ácido giberélico en el cultivo de alcachofa cv. Imperial Condor bajo condiciones ambientales del valle Huaura, desarrollado en la zona de Ruquia, distrito de Huaura, provincia de Huaura, departamento de Lima, utilizando el método de bloques completamente randomizados con 6 tratamientos y 3 repeticiones totalizando 18 unidades experimentales, los tratamientos estudiados fueron: 110, 120, 130, 140 y 150 cc de N – Large (ácido giberélico), diluidos en 100 litros de agua, aplicado a los 40 y 70 días realizado el trasplante evaluándose: altura de planta, hojas vivas, hojas muertas, diámetro de planta, número de ramas, número de frutos cosechados, peso de capítulos, longitud de raíz, rendimiento kg/ue, rendimiento kg ha⁻¹, rendimiento t ha⁻¹ y costo de producción, concluyendo: las plantas de alcachofa respecto al comportamiento agronómico para altura de planta, diámetro de planta y número de ramas mostraron incremento por efecto de las dosis de N – Large (ácido giberélico) superando al testigo que fue ubicado en el último lugar, por lo que finalmente se entiende que la aplicación del ácido giberélico manifiesta un ligero incremento del rendimiento.

Curo y Patriona (2022) estudiando el efecto de la aplicación del ácido giberélico y ácido abscísico sobre la producción y calidad de Uva de mesa en la variedad Red Globe para la exportación en el fundo la quebrada, provincia de Ica, departamento de Ica, teniendo como

objetivo determinar la dosis de giberelinas y ácido abscísico en la cantidad en conjunto por planta, los tratamientos utilizados fueron tres más un testigo: 20 ppm de AG₃ + 1,5 L. Ácido Abscísico; 30 ppm de AG₃ + 2,5 L. Ácido Abscísico; 250 ppm de AG₃ + 4 L. Ácido Abscísico, las variables evaluadas fueron: número de racimos, producción de la vid por planta, peso promedio de racimo, diámetro de la uva, peso de la vava, determinación de grados brix. Siendo el diseño utilizado de bloques completamente randomizados con 4 tratamientos y 3 repeticiones totalizando 12 unidades experimentales, concluyendo que el tratamiento con 50 ppm de ácido giberélico (AG₃) ocupó el primer lugar en la producción de uva de mesa.

Churano, A. (2021) realizó una investigación sobre el efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de Caña de Azúcar en la zona baja del valle Huaura, con el objetivo de determinar que bioestimulante es de incremento para el rendimiento, esto se llevó a cabo en el fundo vallecito distrito de Végueta departamento de Lima, los tratamientos utilizados fueron 5 más un testigo dentro de ellas el bioestimulante Codi gib que contiene ácido giberélico, las variables estudiadas fueron altura de planta, número de brotes, número de nudos, altura de tallo, longitud de hoja, ancho de hoja, factores de calidad y rendimiento, con tres aplicaciones: a 45, 60 días y 75 días. El diseño estadístico utilizado fue el de bloques completamente al azar, con 6 tratamientos, 3 repeticiones Resultando mejor rendimiento T6 (Codi gib) a la dosis 1 L. ha⁻¹ con 49.9 tn. ha⁻¹ sobre el testigo, además de incidir en mayor incremento en altura de planta, número de brotes por planta, número de nudos por planta, altura de tallo.

Sánchez et al. (2020) evaluando la interacción de crecimiento de *Pisum sativum* L. bajo la aplicación de ácido giberélico en la provincia de Chachapoyas, Amazonas, realizado en los ambientes de la Universidad Nacional de Toribio Rodríguez de Mendoza bajo un diseño completo al azar con 2 tratamientos (t1: AG₃ y t2: sin nada) y 8 repeticiones, las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de brotes, tamaño de brotes, tamaño de entrenudos, materia seca y área foliar. Concluyendo que el ácido giberélico promueve la elongación en algunas partes de la planta como número de brotes y tamaño de entrenudos.

Pareja (2025) hace referencia en su investigación sobre tres tipos de concentraciones de ácido giberélico respecto del crecimiento y rendimiento de dos cultivares de alcachofa (*Cynar scolymus*), ejecutado en el programa de hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre febrero del 2022 y marzo del 2023, el diseño experimental fue bloques completo al azar con arreglo factorial 2x4, en los cuales se colocaron los cultivares

(Madrigal y Green Triumph) y las concentraciones de ácido giberélico (0, 20, 30, 40 ppm) de forma aleatoria, las variables estudiadas fueron: morfológicas (altura de planta, longitud de tallo, área foliar, porcentaje de materia seca), variables de rendimiento: número de capítulos por planta, rendimiento por planta y calidad del capítulo: peso promedio del capítulo, longitud promedio del capítulo y diámetro del capítulo. concluyendo los mayores rendimientos lo obtuvieron la dosis de ácido giberélico de 30 y 40 ppm igualmente ocuparon el primer lugar la misma dosis en altura de planta, longitud de tallo y área foliar.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ácido giberélico

Camara et al. (2018) señalan que el ácido giberélico (GA₃) es una fitohormona perteneciente al grupo de las giberelinas, caracterizada como un diterpeno que regula procesos esenciales en el desarrollo vegetal. Su aplicación estimula la elongación y división celular, favorece la germinación de semillas al romper la dormancia mediante la activación de enzimas hidrolíticas y participa en la floración, el crecimiento de frutos y la acumulación de biomasa.

De igual manera, Shahzad et al. (2024) destacan que el uso exógeno de GA₃ en la agricultura permite mejorar el rendimiento de los cultivos, mientras que Singh et al. (2024) resaltan su papel en la tolerancia que puede tener diferentes tipos de estrés abiótico, como sequía o toxicidad por metales pesados, al optimizar procesos fisiológicos y metabólicos de la planta.

2.2.2 Clasificación taxonómica

Según Theagricos (2024), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae (plantas)

Subreino: Tracheobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semilla)

División (Filo): Magnoliophyta (plantas con flores)

Clase: Liliopsida (monocotiledóneas)

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae (gramíneas)

Género: *Saccharum*L

Especie: *Saccharum officinarum* L.

2.2.3 Morfología

De acuerdo a National (2025) y Earth home (2023) indican que:

2.2.3.1 Tallo

Saccharum officinarum presenta un tallo robusto, erecto, sólido, de forma cilíndrica, que alcanza entre 3 y 6 metros de altura y 20–45 mm de diámetro. Está compuesto por nudos e internudos; los nudos son puntos de inserción de hojas, con cicatrices foliares y yemas axilares, mientras que los internudos almacenan savia rica en sacarosa. A diferencia de otras gramíneas, el tallo es macizo tanto en nudo como internudo.

2.2.3.2 Hoja

Explican que las hojas están dispuestas en forma alterna; cada una consta de una vaina que abraza el tallo y una lámina alargada, con venación paralela. Presentan lígula membranosa y aurículas con vellosidad. Son largas (70–150 cm), de 4–6 cm de ancho, con margen aserrado y ápice agudo, poseen anatomía típica de gramíneas (epidermis, mesófilo y haces vasculares) y pueden alcanzar una superficie de hasta 0,5 m² en plantas maduras.

2.2.3.3 Inflorescencia

Mencionan que la caña produce una panícula terminal ramificada (denominada “flecha”) en cuya estructura se diferencian el eje principal (ráquis), ramas primarias y secundarias que sostienen espiguillas, estas flanqueadas por una “coma” de tricomas sedosos que favorecen la dispersión por viento.

2.2.3.4 Raíces

Señalan que el sistema radicular de la caña es fibroso y superficial, compuesto por raíces adventicias (delgadas y ramificadas, surgidas de primordios en los tallos) y anuales, y raíces permanentes más gruesas clasificadas como de sostén o absorbentes, adaptadas a captar agua y nutrientes eficientemente.

2.2.3.5 Fruto

Indican que el fruto es una cariopsis oblonga, pequeña (aprox. 1.5 mm), seca, indehiscente y unisexuada, fusionada con la semilla. Solo puede distinguirse claramente mediante microscopía electrónica.

2.2.4 Fenología de la caña de azúcar

Según Conadesu (2015) el ciclo completo desde la siembra hasta la cosecha puede durar entre 14 y 17 meses, y se subdivide en cuatro fases principales seguido por la cosecha:

2.2.4.1 Germinación (7–35 días):

Ocurre tras la siembra y depende de condiciones óptimas de temperatura (24–37 °C) y humedad.

2.2.4.2 Amacollamiento (35–40 días):

Aparecen nuevos tallos desde los nudos basales; esta etapa define la población de cañas productivas, favorecida por buena humedad, temperatura (~30 °C) y nitrógeno.

2.2.4.3 Crecimiento rápido (120–180 días):

Se alargan los tallos, aumenta la biomasa y se consolidan los tallos finales; exige alta temperatura, nutrientes y agua.

2.2.4.4 Maduración (2–3 meses):

Se acumula la sacarosa; requiere días cálidos y secos, noches frescas (~18 °C) y bajo aporte de nitrógeno.

2.2.4.5 Cosecha (11–16 meses):

Los tallos dejan de crecer, las hojas se secan y el tallo está listo para el corte, que puede ser manual, mecanizado o precedido de quema.

2.2.5 Factores Edafoclimáticos suelo, agua y clima

2.2.5.1 Factor suelo.

Los suelos más adecuados para el cultivo de caña de azúcar presentan texturas francas, franco-arenosas o franco-arcillosas, ya que favorecen la infiltración y el drenaje, reduciendo el riesgo de compactación y formación de costras superficiales (FAO, s.f.). El pH óptimo se sitúa alrededor de 6.5, aunque el cultivo tolera un rango más amplio de 5.0 a 8.5, alcanzándose los mayores rendimientos en condiciones ligeramente ácidas y cercanas a la neutralidad (Desalegn et al., 2023). En cuanto a la salinidad, la caña de azúcar muestra sensibilidad moderada: los rendimientos se mantienen estables hasta 1.7 dS/m, pero a partir de este umbral se producen pérdidas progresivas, llegando a un 10 % a 3.3 dS/m, 25 % a 6.0 dS/m, 50 % a 10.4 dS/m y pérdida total a 18.6 dS/m (FAO, s.f.).

2.2.5.2 Factor Agua.

El cultivo de caña de azúcar demanda entre 1,500 y 2,500 mm de agua por ciclo, con mayor consumo en la etapa de elongación (Kc 1.05–1.30), mientras que en la maduración se recomienda limitar el riego para favorecer la acumulación de sacarosa (FAO, s.f.). La estrategia de riego debe ajustarse al desarrollo del cultivo: riegos ligeros en la fase inicial, aplicaciones más profundas y espaciadas durante la elongación, y restricción hídrica en la maduración (FAO, s.f.). La calidad del agua resulta clave, ya que altos niveles de sales,

cloruros, sodio o boro reducen el rendimiento y la calidad del jugo, lo que hace necesario un monitoreo permanente (Desalegn et al., 2023). Asimismo, un buen drenaje es indispensable, pues el encharcamiento prolongado afecta negativamente el desarrollo del cultivo (FAO, s.f.).

2.2.5.3 Factor clima.

El cultivo de caña de azúcar se adapta mejor a temperaturas de 22–30 °C durante el crecimiento, aunque la germinación de los toletes requiere valores más altos (32–38 °C), y la maduración se favorece con días secos y noches frescas de 10–20 °C, lo que promueve la acumulación de sacarosa y reduce el crecimiento vegetativo. Se necesita alta radiación solar para maximizar el rendimiento, mientras que la floración inducida por el fotoperiodo debe evitarse mediante selección varietal o manejo, ya que disminuye la concentración de azúcares. La caña prospera en condiciones de humedad relativa intermedia (40–80 %) con buena ventilación, aunque los vientos fuertes ($>4\text{--}5\text{ m s}^{-1}$) pueden dificultar el riego por aspersión y afectar el cultivo (SciELO, s.f.). Además, requiere zonas libres de heladas; en áreas subtropicales suele cosecharse antes del invierno para prevenir daños por frío (FAO, s.f.).

2.2.5.4 Temperaturas.

Durante el ensayo las temperaturas máximas fluctuaron de abril a agosto entre las bajas de temperatura de 23,0°C y 19,0°C para luego empezar con su ascenso en setiembre con 20°C así también las temperatura mínima estas oscilaron con predisposición a la baja de temperaturas de 17,0°C y 14,0°C en setiembre situación ideal para la propagación de la caña de azúcar por las temperaturas bajas durante la etapa de desarrollo mostrándose ambientes moderados en los cuales ayudan a incrementar su crecimiento. **2.2.5.5 Humedades relativas presentadas durante el experimento.**

Analizando la humedad relativa tuvo fluctuaciones entre 86% en enero y 77% en agosto favoreciendo la baja incidencia de plagas, siendo condiciones favorables para que la caña de azúcar desarrolle peculiaridades agronómicas ideales garantizando un rendimiento competitivo.

Tabla 1 Datos meteorológicos.

Temperatura °C	Mínima	Media	Máxima	H.R.
Enero	19°C	22.5 °C	26°C	86%
Febrero	20°C	24°C	28°C	85%
Marzo	19°C	22.5°C	26°C	85%
Abril	17°C	20°C	23.°C	84%
Mayo	16°C	18.5°C	21°C	82%
Junio	15°C	17.5°C	20°C	81%
Julio	15°C	17°C	19°C	79%
Agosto	14°C	16.5°C	19.°C	77%
Setiembre	15°C	17.5°C	20°C	78%

Fuente: Estación meteorológica. Weather Spark y wanderlog.com

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Acido Giberélico (AG₃)

Las giberelinas, específicamente la A₃ (GA₃), es una fitohormonas que desempeña un papel crucial en el crecimiento, desarrollo, floración y producción de azúcares, interactuando con factores ambientales y agronómicos, una de las funciones destacadas es su capacidad para promover alargamiento del tallo y elongación celular, resultando un crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas, efecto importante en caña de azúcar, donde el crecimiento vertical es esencial para maximizar la producción de biomasa, acumulación de azúcares, la aplicación de giberelinas puede aumentar significativamente la altura de planta y el diámetro de tallos, significando un mayor rendimiento de caña (Vuelta, 2023).

2.3.2 Crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar

Patiño (2020) indica que crecimiento se refiere a ciertas características como velocidad de elongación propio en los primeros meses para luego disminuir a los 10 meses dependiendo de la variedad, depende de temperatura, humedad y luminosidad, muchas veces el potasio ayuda al crecimiento de la caña. Refiriéndose al desarrollo de la caña de azúcar esto responde a la producción de brotes nuevos y el desarrollo de la cobertura foliar, involucrando a cambios internos de estructuras vegetativas.

2.3.3 Variedad de Caña de azúcar: IAC 10-9091

Esta variedad desarrollada en Brasil ha mostrado características de crecimiento y desarrollo que reflejan avances significativos en la mejora genética y en las prácticas

agronómicas. Una de las características más relevantes es su capacidad para adaptarse a diversas condiciones edafoclimáticas, mostrando un buen rendimiento en suelos con diferentes niveles de fertilidad y salinidad (Cabrejos et al., 2019; Solano y Castañeda, 2018). Presentando una mejor respuesta al estrés hídrico y salino, lo que es fundamental en regiones donde estos factores limitan el crecimiento (Solano y Castañeda, 2018).

2.3.4 Características agronómicas.

Zárate (2016) indica que se refiere a conocer sus características productivas y de adaptabilidad, conceptos necesarios para comprender el sistema productivo del cultivo de la caña de azúcar y de qué manera poder comprender la sostenibilidad ambiental.

2.3.5 Fitohormona

Para Singh et al. (2024), las fitohormonas son compuestos orgánicos que, en bajas concentraciones, controlan múltiples procesos fisiológicos de las plantas. Dentro de este grupo, las giberelinas como el GA₃ cumplen un papel central en la elongación de tallos, la inducción floral y la acumulación de carbohidratos.

Salazar et al. (2018) argumenta que las fitohormonas son productos orgánicos producidos por las propias plantas que producen modificaciones metabólicas a nivel celular lo que provoca limitaciones en los procesos fisiológicos por lo que es necesario su suministro para mejorar crecimiento, diferenciación y desarrollo.

2.3.6 Reguladores de crecimiento

Kooper (2015) afirma que los reguladores de crecimiento están presentes en toda planta vegetal, generalmente son compuestos orgánicos simples usados regularmente en procesos de crecimiento y desarrollo, actuando en lugares lejano al lugar de su origen, intervienen en procesos fisiológicos así en desarrollo de tejidos, división y diferenciación celular, elongación de tallo, desarrollo de fruto por eso se lo utiliza en algunos procesos fisiológicos de la planta para lograr mayor productividad.

2.3.7 Condiciones Climáticas

Duarte y Gonzales (2019) señalan que el cultivo de caña de azúcar es un cultivo de clima cálido, clima tropical, a climas subtropical, en zonas húmedas, sub húmedas incluso semi áridas, indicando que estos factores afectan crecimiento, desarrollo y rendimiento, mientras los factores decisivos de calidad es la temperatura, luminosidad y humedad relativa.

2.3.8 Número de esquejes

Patiño Giraldo (2020) describe el número de esquejes como un parámetro fundamental de la propagación vegetativa de la caña, ya que los segmentos de tallo con yemas determinan la densidad de plantación y el éxito del establecimiento del cultivo, siendo este valor influenciado positivamente por el GA₃.

2.3.9 Macollamiento

Zárate (2016) afirma que es cuando empieza a emerger nuevos tallos del esqueje sembrado exactamente del primer nudo, referido como tallo primario.

2.3.10 Capacidad de depósito (sink size)

Según Iqbal et al. (2018), la capacidad de depósito o sink size corresponde a la habilidad de órganos de reserva, como los tallos, para almacenar sacarosa. La aplicación de GA₃ incrementa esta capacidad al estimular la división celular y la elongación de los entrenudos, lo cual optimiza la acumulación de carbohidratos.

2.3.11 Calidad y cantidad de °Brix

Shahzad et al. (2024) explican que el °Brix representa la concentración de azúcares solubles presentes en el jugo de la caña, parámetro que determina tanto la calidad del cultivo (nivel de sacarosa) como la cantidad de azúcar recuperable. El aporte exógeno de GA₃ favorece el aumento de estos valores bajo condiciones adecuadas de manejo.

2.4 Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis general

Ha: La aplicación del ácido giberélico, tiene efecto en el comportamiento agronómico de la planta de caña de azúcar, en condiciones ambientales del valle Huaura

2.4.2. Hipótesis específicas.

Ha₁: La aplicación del ácido giberélico tiene efecto significativo en el crecimiento de la planta de caña de azúcar, bajo condiciones ambientales del valle Huaura.

Ha₂: La aplicación del ácido giberélico tiene efecto significativo en el desarrollo de la planta de caña de azúcar, bajo condiciones ambientales del valle Huaura.

Ha₃: La aplicación del ácido giberélico determinará la mejor dosis para el crecimiento y desarrollo de la planta de caña de azúcar, bajo condiciones ambientales del valle Huaura.

2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables.

Tipo de variable	Variables	Dimensiones	Indicador: ácido giberélico (AG ₃)
Independiente	Giberelinas (fitohormonas: grupo de hormonas vegetales)	dosis	Testigo (sin aplicación)
			<ul style="list-style-type: none"> - 20 g/ha - 25 g/ha - 30 g/ha - 35 g/ha - 40 g/ha
Dependiente	Comportamiento agronómico	<ul style="list-style-type: none"> - Crecimiento - Desarrollo - Dosis eficiente 	<ul style="list-style-type: none"> - Número de entrenudos/tallo - Longitud de entrenudos - Número de tallos/metro lineal - Longitud del tallo - Longitud al punto de quiebre - Diámetro del tallo (mm) - Longitud de hoja - Ancho de hoja - Altura de planta (m)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el departamento de Lima, Provincia de Huaura y en el distrito de Végueta, en el fundo el vallecito, potrero san Antonio, Ubicado en las coordenadas UTM X: 281470.8874638937 m, Y: 8783292.591527551 m, zona 18, hemisferio sur y a una altura de 60 msnm.



Figura 1. Ubicación de la parcela de la investigación

Nota. La figura muestra el potrero agrícola de la tesis Fuente: Google earth (2025)

3.1.2 Característica del área experimental

3.1.2.1 Características de la unidad experimental.

- Número de hilera por tratamiento: 3
- Distancia entre hileras: 1,5 m
- Distancia entre plantas: tres estacas/ml
- Ancho de la unidad experimental 4,5 m
- Largo de la unidad experimental 5 m
- Área de la unidad experimental 22,5m

3.1.2.2 Características de bloques

- Número de tratamientos por bloque: 06
- Número de bloques: 03
- Ancho de bloque: 5,0 m
- Largo de bloque: 27,0 m
- Área total del bloque: 135 m²

3.1.2.3 Características del área experimental.

- Largo del campo experimental: 27.0 m
- Ancho del campo experimental: 19,0 m
- Área experimental total: 513 m²

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Constituida por todas las plantas de caña de azúcar presentes en el total de área de la parcela experimental, comprendiendo una densidad de 12 yemas por ml lo equivalente a 90 000 tallos por hectárea ó 3645 tallos por el total de las unidades experimentales instaladas.

3.2.2 Muestra

Constituida de 10 plantas por cada unidad experimental el cual da un total de 180 plantas por muestra.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Materiales e insumos

3.3.1.1 Materiales.

- Lampa
- Comba
- Estacas
- Rafia
- Wincha
- Cal
- Baldes
- Letreros - Vernier.

3.3.1.2 Equipos.

- Mochila de fumigar (20 L de agua)
- balanza

3.3.1.3 Insumos.

- Materia orgánica: Estiércol de ganado vacuno.
- Fertilizantes sintéticos: Nitrato de amonio, Fosfato di amónico, sulfato de potasio.

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos utilizados son las dosis del ácido giberélico, los cuales se detallan en la tabla 3.

Tabla 3 Tratamientos utilizados.

Tratamiento	Ingrediente Activo.: Ácido giberélico g ha ⁻¹	Producto comercial Progibb 40 SG dosis: g/ha	Número de aplicaciones	Aplicado dds:
T01 (testigo)	---	---	---	---
T02	20	50,0	1	90
T03	25	62,5	1	90
T04	30	75,0	1	90
T05	35	87,5	1	90
T06	40	100	1	90

dds: días después de la siembra

3.3.3 Diseño estadístico

El esquema estadístico fue el de bloques completo al azar de 6 tratamientos y 3 repeticiones, el análisis estadístico se utilizó el software InfoStat versión estudiantil y para comparaciones múltiples de promedios se utilizó el método Scott y Knott con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ según Miranda, (2011).

Tabla 4 Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F- cal	p-valor	Significación
Bloque	B - 1	SCB	SCB/ B - 1	CMB/CME		
Tratamiento	T -1	SCT	SCT/ T -1	CMT/CME		
Error	(B-1) (T - 1)	SCE	SCE/(B-1) (T - 1)			
TOTAL	BT - 1	SCT				

Fuente: Miranda et al. (2011)

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

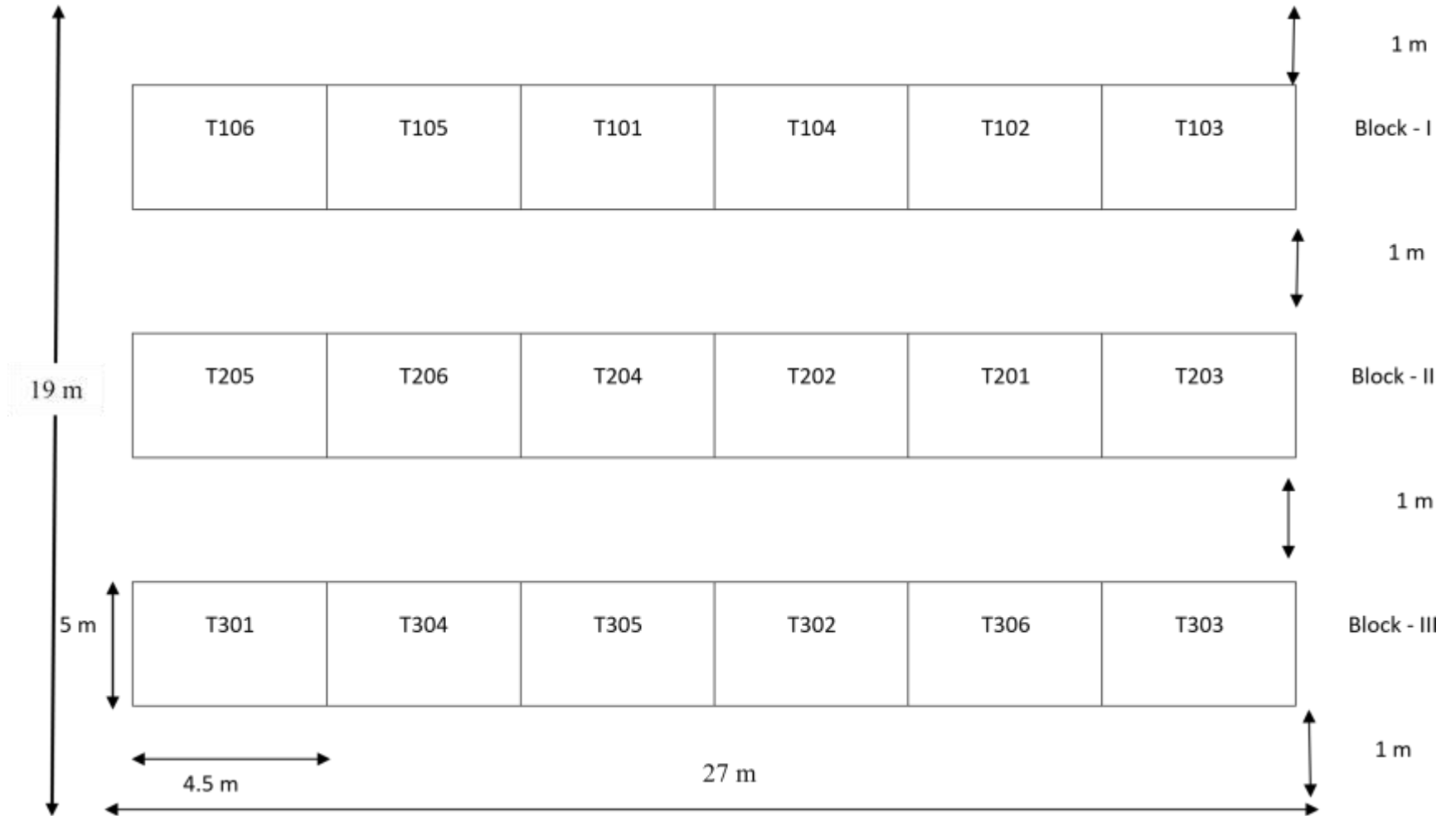
Y_{ij} = Resultado de una unidad experimental
 μ = Media o promedio general
 β_j = Efecto de bloques τ_i = Efecto de tratamientos

ϵ_{ij} = Error unidad experimental

Figura 2. Croquis del campo

Área total: 513 m²

Área Unidad experimental: 22.5 m²



3.3.4 Variables a evaluar

3.3.4.1 Número de entrenudos por tallo

Se contabilizó 10 tallos de caña de azúcar elegidas al azar de la hilera central en cada uno de los tratamientos contándose el total de entrenudos a cada uno de los tallos hasta el punto de quiebre natural, anotándose en el registro respectivo.

3.3.4.2 Longitud de entrenudos

Se evaluó 10 tallos de caña de azúcar seleccionados al azar de la hilera central en cada uno de los tratamientos, midiéndose la longitud de entrenudos de cada uno de los tallos promediándose y registrándose en su formato respectivo.

3.3.4.3 Número de tallos por metro lineal

Se contabilizó a los 120 días el número de tallo presentes por metro lineal en la hilera central de cada uno de los tratamientos, registrándose en su formato respectivo.

3.3.4.4 Longitud del tallo

Se evaluó 10 tallos a los 120 días por cada uno de los tratamientos, midiendo esta longitud desde la base del tallo hasta la primera lígula visible, registrando dicha medida en un formato respectivo.

3.3.4.5 Longitud al punto natural de quiebre

Se midió a 10 tallos elegidos al azar por cada uno de los tratamientos desde la base al punto natural de quiebre lugar donde se ubican las yemas semillas, registrándose en un formato respectivo.

3.3.4.6 Diámetro del tallo

Se determinó midiendo a los 180 días en la parte central de entrenudos con un pie de rey en la zona baja, media y alta registrando el promedio en su respectivo formato.

3.3.4.7 Longitud de hoja

Se determinó midiendo el largo de la hoja de cada una de las hojas de 10 plantas elegidas al azar con una wincha metálica anotando su valor en el formato que corresponde.

3.3.4.8 Ancho de hoja

Se determinó midiendo el ancho de la hoja de cada una de las hojas de 10 plantas elegidas al azar con una wincha metálica anotando su valor en el formato correspondiente.

3.3.4.9 Altura de planta

Se evaluaró 10 plantas a los 180 días por cada uno de los tratamientos, midiendo esta longitud desde la base de la planta hasta la base del ápice, registrando dicha medida en su formato respectivo.

3.3.5 Conducción del experimento

3.3.5.1 Preparación del campo

El ensayo experimental se realizó en la Provincia de Huaura, distrito de Végueta, en el fundo el vallecito, potrero san Antonio, a una altura de 60 msnm, la preparación la preparación se realizó en suelo en seco, con subsolador de profundidad de 80 cm con dos pasadas cruzadas, procediendo luego a pasar una grada pesada de 24 discos con fines de pulverizar las aglomeraciones de terrones y nivelación del área, finalmente se surca teniendo en cuenta la pendiente mínima para garantizar que los riegos sean lo más homogéneamente con pendiente como máximo del 1% y el distanciamiento utilizado fue de 1,5 metros entre surco.

3.3.5.2 Establecimiento del experimento

Se instaló la tesis en el potrero agrícola San Antonio, realizando el marcado del experimento y con la distribución de los tratamientos distribuidos al azar de acuerdo al croquis previamente establecido, utilizando carteles con sus respectivos códigos los cuales se realizaron a los 90 días después de la siembra para su mejor efecto.

3.3.5.3 Aplicación de materia orgánica

Se incorporará materia orgánica al potrero San Antonio en proporción a 20 tn ha⁻¹ con el fin de ayudar en la retención de los macro y micronutrientes al aumentar su capacidad de intercambio catiónico además de la mejora de su estructura, utilizándose estiércol de ganado vacuno lechero.

3.3.5.4 La Semilla

La semilla fue comprada a la empresa Paramonga cuya variedad es IAC 10-9091 la que es una nueva variedad brasilera puesta a disposición por el centro de la caña de azúcar IAC de Sao paulo Brasil, con una productividad un 13% superior a la variedad más sembrada en el país.

3.3.5.5 Siembra

Se sembró el primero de diciembre del 2024, tres estacas superpuestas por metro lineal a razón de 4 yemas por estaca totalizando en promedio 12 yemas por metro lineal tapándose luego a lampa con una capa de unos 5 cm de entierro con la tierra proveniente de las costillas del surco.

3.3.5.6 Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos con giberelinas (AG₃) se efectuaron a los 90 días, esto fue el 1° de marzo aplicados en las primeras horas de la mañana en aspersión con bomba mochila dirigida a la planta de caña de azúcar en un solo momento a la concentración de: 20, 25, 30, 35 y 40 g/ha⁻¹ utilizando el producto Progibb 40 SG equivalente a: 50; 62,5; 75; 87,5; 100 g ha⁻¹

3.3.5.7 Riegos

Los riegos fueron ejecutados por turno semanal dependiendo de la humedad mostrada en el momento del riego.

3.3.5.8 Fertilización

Se aplicará teniendo en cuenta sus necesidades de extracción de nutrientes y su análisis de suelo además la formula recomendada por el ing. Zózimo Carrión Ordoñez en su libro manual del sembrador de Caña de azúcar: 133 N– 46 P₂O₅- 90 K₂O

3.3.5.9 Control de malezas

El control de malezas llevado a cabo previa evaluación, por lo que inicialmente se realizó 3 aplicadas siendo la primera con: ametrina 3 litros y atrazina 3 litros más adherente extravón 200 cc/ cilindro. Luego en las siguientes aplicaciones se tuvo en cuenta para hoja ancha y angosta. Así en la segunda aplicación se utilizó ametrina mas 2,4 D más extravon como adherente y en la tercera aplicada se utilizó glifosato más adherente extravón lo que garantizó el control de malezas eficientemente.

3.3.5.10 Control fitosanitario

En relación al control fitosanitario se realizaron inoculaciones con la avispa trichograma spp. (controladores biológicos).

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

En relación al registro de la información biométrica de evaluaciones en campo, se efectuará con cartilla donde se registró todas las variables dependientes. Los datos obtenidos de campo se ordenaron en Excel según la variable para luego poder procesarlos y analizarlos en el programa InfoStat versión estudiantil.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Número de entrenudos por tallo

En este caso el análisis estadístico, muestra que la aplicación de los tratamientos con AG resultó en un efecto altamente significativo en el número de entrenudos por tallo ($p < 0.0001$). En contraste, el efecto de los bloques fue no significativo ($p = 0.8441$), lo que indica que la variación en esta característica se debió exclusivamente a los diferentes niveles de dosis aplicadas. El Coeficiente de Variación (CV) fue de 1.45 un valor muy bajo que sugiere una alta precisión experimental.

Tabla 5 Análisis de la Varianza para número de entrenudos por tallo.

F.V.	SC	GL	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloque	4.40E-03	2	2.20E-03	0.17	0.8441	ns
Tratamiento	1.83	5	0.37	28.41	<0.0001	**
Error	0.13	10	0.01			
Total	1.96	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 1.45%; Prom= 7.84

La prueba de Scott & Knott separó los tratamientos en dos grupos estadísticamente diferenciados (A y B). El Grupo A contiene los tratamientos de dosis más alta (40 g, 35 g, 30 g y 25 g), con valores que van de 8.27 a 7.87 entrenudos. El Grupo B, que agrupa a los tratamientos con valores más bajos (20 g y el testigo 00 g), obtuvo 7.53 y 7.33 entrenudos, respectivamente. Esto sugiere que la aplicación de AG estimula la diferenciación y el desarrollo de nudos en el tallo de la caña.

Tabla 6 Prueba Scott & Knott al 5% de número de entrenudos por tallo

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio	Nivel de Significancia al 5%
40 g	8.27	A
35 g	8.07	A
30 g	8.00	A
25 g	7.87	A
20 g	7.53	B
00 (testigo)	7.33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.2. Longitud de entrenudos

Según el análisis de varianza para la longitud de entrenudos, Se detectó una diferencia significativa en la longitud de entrenudos entre tratamientos con AG que mostró un resultado altamente significativo ($p = 0.0002$). El factor efecto del Bloque no fue significativo ($p = 0.3271$). El Coeficiente de Variación fue bajo (1.59), lo que indica precisión experimental.

Tabla 7 Análisis de la Varianza de longitud de entrenudos.

	F.V.	SC	GL	CM	F	p- valor	Significación
Bloque	0.21	2	0.1	1.25	0.3271	ns	
Tratamiento	6.67	5	1.33	16.15	0.0002	**	
Error	0.83	10	0.08				
Total	7.70	17					

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 1.59%; Prom. = 18.02 cm

En la prueba de Scott & Knott, se generó un resultado típico de la aplicación de AG, hormona conocida por inducir la elongación del tallo. La dosis más alta, 40 g (Grupo A), produjo entrenudos significativamente más largos. El testigo 00 g y la dosis 20 g se ubicaron en el Grupo C, confirmando que la ausencia o la baja dosis de AG limita la elongación de

esta estructura, lo que demuestra que la ausencia de tratamiento resultó en los entrenudos más cortos.

Tabla 8 Prueba Scott & Knott al 5% de longitud de entrenudos

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
40 g	19.07	A
35 g	18.32	B
25 g	18.16	B
30 g	17.95	B
20 g	17.45	C
00 (testigo)	17.19	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.3. Número de tallos por metro lineal

El análisis de varianza indicó que los tratamientos de AG en la variable Número de tallos por metro lineal, mostraron un efecto altamente significativo ($p = 0.0016$). Nuevamente, no se encontraron diferencias significativas entre bloques. ($p = 0.2373$). El Coeficiente de Variación fue de 1.72, confirmando precisión en el experimento.

Tabla 9 Análisis de la Varianza de Numero de Tallos por metro lineal.

F.V.	C	gl	CM	F valor	p- valor	Significación
Bloque	0.33	2	0.17	1.67	0.2373	ns
Tratamiento	4.67	5	0.93	9.33	0.0016	**
Error	1.00	10	0.1			
Total	6.00	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 1.72%; Prom. = 18.33

Según la prueba de Scott & Knott las dosis más altas de AG (40 g y 35 g) se agruparon en el Grupo A, mostrando una producción de tallos por metro lineal significativamente mayor que el resto. Esto sugiere que el AG también influyó positivamente en el Macollamiento, aunque el testigo 00 g, no fue estadísticamente inferior a la mayoría de los

tratamientos intermedios (25 g, 20 g, 30 g) dentro del Grupo B. Esto indica que la aplicación de las dosis 35 g y 40 g incrementó significativamente la densidad de tallos.

Tabla 10 Prueba de Scott & Knott al 5% de numero de tallos por metro lineal.

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio	Nivel de Significancia al 5%
40 g	19.00	A
35 g	19.00	A
25 g	18.33	B
20 g	18.00	B
30 g	18.00	B
00 (testigo)	17.67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.4 Longitud del tallo

De acuerdo al análisis de varianza en la aplicación de AG provocó que la Longitud del tallo presentara diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 0.0005$). Los bloques no mostraron significancia ($p = 0.3825$). El Coeficiente de Variabilidad fue de 6.15, un valor considerado aceptable.

Tabla 11 Análisis de la Varianza Longitud de Tallo.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación
Bloque	214.57	2	107.28	1.06	0.3825	ns
Tratamiento	6376.35	5	1275.27	12.6	0.0005	**
Error	1012.48	10	101.25			
Total	7603.40					

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 6.15%; Prom. = 163.56

Según Scott & Knott, la dosis máxima de 40 g obtuvo la mayor longitud de tallo. Llama la atención que la dosis 25 g también se ubicó en el Grupo A, siendo estadísticamente

igual a 40 g y superior a dosis mayores como 30 g y 35 g (Grupo B). Esto sugiere que 40 g fue la dosis más efectiva, pero 25 g puede ser una dosis eficiente para lograr una longitud de tallo superior. El testigo 00 g registró el valor más bajo dentro del Grupo B, lo que confirma que la falta de AG reduce la elongación.

Tabla 12 Prueba de Scott & Knott al 5% de Longitud de Tallo.

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
40 g	198.33	A
25 g	173.80	A
30 g	162.01	B
35 g	159.60	B
20 g	146.41	B
00 (testigo)	141.22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.5 Longitud al punto de quiebre

De acuerdo al análisis de varianza de la longitud a punto de quiebre, esta variable mostró una alta significancia en la fuente de variación Tratamiento ($p < 0.0001$), Los bloques fueron no significativos ($p = 0.6276$). Destaca un Coeficiente de Variación extremadamente bajo (0.22), lo que indica que el AG es el factor dominante en la variación de esta medida, con una precisión experimental altísima.

Tabla 13 Análisis de la Varianza longitud al punto de quiebre.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significación
Bloque	0.26	2	0.13	0.49	0.6276	ns
Tratamiento	1592.73	5	318.55	1177.03	<0.0001	**
Error	2.71	10	0.27			
Total	1595.71	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 0.22%; Prom. = 239.26

Utilizando la prueba de Scott & Knott, se observa una respuesta perfecta dosis-dependiente del AG, con seis grupos estadísticamente diferentes (A a F). El mayor valor

(252.49) corresponde a la dosis más alta (40 ml, Grupo A), y el menor valor (229.14) corresponde al testigo (00 ml, Grupo F). Esto demuestra que la longitud de la planta influenciada por el AG se incrementó gradualmente con cada dosis aplicada.

Tabla 14 Prueba de Scott & Knott al 5% de longitud de punto de quiebre

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
40 g	252.49	A
35 g	250.75	B
30 g	240.1	C
25 g	232.45	D
20 g	230.63	E
00 g (testigo)	229.14	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.6 Diámetro del tallo (mm)

De acuerdo al análisis de varianza del Diámetro del tallo, bajo el efecto de los tratamientos de AG se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$). Los bloques no mostraron efecto significativo ($p = 0.2058$). Con un CV de 1.02, indica alta uniformidad y la precisión experimental es notablemente alta.

Tabla 15 Análisis de la Varianza del diámetro de Tallo.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación
Bloque	0.03	2	0.016	1.86	0.2058	ns
Tratamiento	5.57	5	0.11	135.37	<0.0001	**
Error	0.01	10	0.00085			
Total	0.58	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 1.02%; Prom. = 2.86

De acuerdo a la prueba de Scott & Knott las dosis más altas 40 g y 35 g lograron los diámetros más gruesos corresponden al Grupo A (40 g con 3.12 cm) y al Grupo B (35 g con 3.04 cm). El Grupo E fue ocupado por el testigo (00 g con 2.60 cm), que es significativamente menor que todas las dosis aplicadas. Aunque el AG se asocia

principalmente a la elongación, el suministro hormonal también resultó beneficioso para el engrosamiento del tallo.

Tabla 16 Prueba de Scott & Knott al 5% de diámetro de Tallo

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
40 g	3.12	A
35 g	3.04	B
30 g	2.88	C
25 g	2.82	C
20 g	2.71	D
00 (testigo)	2.60	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.7 Longitud de hoja

De acuerdo al análisis de varianza de longitud de hoja los tratamientos de AG en la Longitud de hoja mostraron un efecto altamente significativo de los tratamientos ($p < 0.0001$). Los bloques fueron no significativos ($p = 0.1016$). El CV fue extremadamente bajo (0.45), confirmando la alta precisión.

Tabla 17 Análisis de la Varianza Longitud de Hoja

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación
Bloque	2.86	2	1.43	2.9	0.1016	ns
Tratamiento	485.25	5	97.05	196.79	<0.0001	**
Error	4.93	10	0.49			
Total	493.4	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 0.45%; Prom. = 157.23

Según Scott & Knott, la longitud de hoja también fue estimulada por el AG. sorprendentemente, la dosis 25 g registró la media más alta, compartiendo el Grupo A con la dosis 40 g. Esto podría indicar una dosis óptima de AG más baja para maximizar la expansión longitudinal de la hoja. El testigo 00 g se ubicó en el último nivel (Grupo D), el de menor longitud de hoja, confirmando la influencia positiva de las dosis.

Tabla 18 Prueba de Scott & Knott al 5% de Longitud de Hoja

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
25 g	163.61	A
40 g	162.97	A
35 g	157.95	B
30 g	157.31	B
20 g	152.19	C
00 (testigo)	149.35	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.8 Ancho de hoja

De acuerdo al de análisis de varianza del Ancho de hoja, mostró que el factor Tratamiento de AG es altamente significativo ($p < 0.0001$). Los bloques no presentaron efectos significativos ($p = 0.6098$). El CV fue bajo (0.53), lo que indica alta precisión.

Tabla 19 Análisis de la Varianza de Ancho de Hoja

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación
Bloque	5.80E-04	2	2.90E-04	0.52	0.6098	ns
Tratamiento	0.21	5	0.04	74.75	<0.0001	**
Error	0.01	10	5.60E-04			
Total	0.21	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 0.53%; Prom. = 4.47

De acuerdo a la prueba Scott & Knott, se identificaron cuatro grupos (A, B, C y D). La dosis más alta 40 g (Grupo A) resultó en el mayor ancho de hoja, siendo estadísticamente superior a los demás grupos, lo que indica que el AG promovió la expansión lateral de la hoja. Las dosis más bajas (20 g y 00 g) se ubicaron juntas en el Grupo D, indicando que la aplicación de dosis inferiores a 25 g no mejoró significativamente el ancho de hoja en comparación con el control.

Tabla 20 Prueba de Scott & Knott al 5% de ancho de hoja

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
40 g	4.67	A
30 g	4.53	B
25 g	4.48	C
35 g	4.43	C
20 g	4.37	D
0 (testigo)	4.35	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

4.9. Altura de planta

De acuerdo al análisis de varianza en la altura de planta, se presentó diferencias altamente significativas en tratamientos ($p < 0.0001$) y el CV fue 0.20, siendo el más bajo de todo el estudio, lo que sugiere que la altura de planta es la variable con mayor correlación directa con la dosis de AG, reflejando el efecto clásico de esta hormona en la elongación. Los bloques resultaron no significativos ($p = 0.6276$).

Tabla 21 Análisis de la Varianza de Altura de Planta (SC tipo III)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación
Bloque	0.26	2	0.13	0.49	0.6276	ns
Tratamiento	1592.73	5	318.55	1177.03	<0.0001	**
Error	2.71	10	0.27			
Total	1595.71	17				

ns = no significativo; ** = altamente significativo; C.V. = 0.20%; Prom. = 264.26

De acuerdo a la prueba Scott & Knott, al igual que la Longitud al punto de quiebre, se confirma una respuesta lineal y escalonada del crecimiento a la dosis de AG, la Altura de planta generó seis grupos de significancia (A-F). Esto indica que cada nivel de dosis aplicada produjo una altura de planta estadísticamente diferente de la siguiente. El Tratamiento 40 g (277.49) fue el más alto (Grupo A), y el Testigo 00 g (254.14) fue el más bajo (Grupo F). Este patrón de respuesta gradual es consistente con la función de la giberelina como un potente promotor de la altura y la elongación en la caña.

Tabla 22 Prueba de Scott & Knott al 5% de Altura de Planta

Tratamientos Ácido giberélico g ha ⁻¹	Promedio (cm)	Nivel de Significancia al 5%
40 g	277.49	A
35 g	275.75	B
30 g	265.1	C
25 g	257.45	D
20 g	255.63	E
00 g (testigo)	254.14	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Número de entrenudos por tallo

Los resultados de este estudio evidencian un efecto altamente significativo del ácido giberélico (AG) sobre el número de entrenudos por tallo, destacando que las dosis de 25 g ha⁻¹ a 40 g ha⁻¹ incrementaron dicha variable frente al testigo. Este comportamiento es coherente con los hallazgos de Kusum et al. (2024) en India, quienes demostraron que la aplicación de AG promovió una mayor diferenciación de brotes y alargamiento del tallo en caña de azúcar, lo que conlleva indirectamente a un mayor número de entrenudos. Asimismo, los resultados de Patiño (2020) en Colombia coinciden con este estudio, al identificar diferencias significativas en el número de entrenudos con dosis elevadas de AG, particularmente con 30 g ha⁻¹. A nivel nacional, Churano (2021) también observó un aumento en los nudos en tratamientos con bioestimulante que incluían AG, lo cual respalda la tendencia observada en este trabajo.

5.2 Longitud de entrenudos

La longitud de entrenudos mostró un patrón dosis-dependiente, siendo la dosis de 40 g ha⁻¹ la más efectiva. Esta respuesta es consistente con lo señalado por Fancelli (2023), quien resaltó el rol de las giberelinas (AG3) en la elongación de entrenudos en caña de azúcar, promoviendo un crecimiento eficiente del tallo. A nivel nacional, Sánchez et al. (2020) también encontraron que AG3 favorece la elongación de estructuras vegetativas como entrenudos y brotes, lo cual coincide con los resultados obtenidos, reafirmando que el AG actúa estimulando la expansión celular en la caña de azúcar.

5.3 Número de tallos por metro lineal

En este estudio se demostró un aumento significativo en la densidad de tallos con las dosis más altas de AG (35 y 40 g ha⁻¹), lo cual indica un efecto positivo sobre el macollamiento. Esto concuerda con Kusum et al. (2024), quienes reportaron que la giberelina contribuye al incremento de brotes y por tanto a una mayor población de tallos, siendo un indicador directo de mayor rendimiento potencial. Asimismo, Cléber et al. (2024) documentaron que el uso combinado de reguladores de crecimiento y nutrientes aumentó significativamente la producción de tallos en caña de azúcar, tanto en cosechas tempranas como tardías. A nivel nacional, Churano (2021) también observó una mejora en el número de brotes por planta al aplicar bioestimulantes con AG, confirmando su efecto en la activación de yemas latentes.

5.4 Longitud del tallo

El tratamiento con 40 g ha⁻¹ de AG obtuvo la mayor longitud de tallo, resultado en concordancia con Patiño (2020), quien observó un incremento en la longitud del tallo con la dosis de 30 g ha⁻¹ de AG. Este comportamiento también se apoya en lo señalado por Fancelli (2023), quien describió que las giberelinas inducen elongación mediante promoción de la división y expansión celular. De forma paralela, estudios en cultivos como alcachofa por Pareja (2025) y Eguizabal (2024) también mostraron un incremento significativo en la longitud del tallo con aplicaciones de AG, lo que demuestra la generalidad de este efecto fisiológico de las giberelinas en diferentes especies.

5.5 Longitud al punto de quiebre

Se observó un efecto altamente significativo del AG en la longitud al punto de quiebre, aumentando de forma escalonada con cada dosis aplicada. Este resultado es comparable con lo obtenido por Patiño (2020), quien reportó que el AG favorece la elongación del tallo hasta el punto de quiebre natural. Este patrón es coherente con los hallazgos de Fancelli (2023) y Cléber et al. (2024), donde el uso de AG3 promovió un crecimiento más vigoroso del tallo en caña de azúcar, lo cual mejora la arquitectura de la planta y favorece una cosecha más uniforme y de mejor calidad.

5.6 Diámetro del tallo

La aplicación de AG también tuvo un efecto significativo sobre el diámetro del tallo, particularmente con 40 y 35 g ha⁻¹. Aunque las giberelinas se asocian más comúnmente con elongación, estos resultados demuestran su impacto en el engrosamiento, coincidiendo con lo indicado por Fancelli (2023), quien señaló que el AG también mejora el diámetro de

entrenados. A nivel nacional, Patiño (2020) encontró resultados similares, destacando que el diámetro del tallo respondió positivamente a dosis moderadas de AG, aunque sin diferencias marcadas en los tercios medios, lo cual también se apreció en la presente investigación.

5.7 Longitud y Ancho de hoja

Las variables de longitud y ancho de hoja fueron estimuladas significativamente por la aplicación de AG. La dosis de 25 g ha⁻¹ presentó el mayor alargamiento foliar, mientras que la dosis de 40 g ha⁻¹ mostró mayor expansión lateral. Este comportamiento es respaldado por

Cléber et al. (2024), quienes documentaron que el AG, junto con otros bioestimulantes, aumentó el área foliar en caña de azúcar, mejorando la capacidad fotosintética del cultivo. En estudios nacionales, Pareja (2025) y Sánchez et al. (2020) también observaron un aumento en área foliar con AG, lo que coincide con la presente investigación, sugiriendo una mejora integral del aparato fotosintético de la planta.

5.8 Altura de planta

La altura de planta presentó el efecto más claro de respuesta lineal a las dosis de AG. La dosis de 40 g ha⁻¹ generó el mayor crecimiento (277.49 cm). Este resultado se alinea perfectamente con lo reportado por Fancelli (2023) y Kusum et al. (2024), quienes sostienen que las giberelinas son responsables directas de la elongación celular en entrenados, lo cual contribuye significativamente al aumento de la altura de planta. En estudios nacionales, Pareja (2025) también evidenció una respuesta clara y positiva en la altura de la alcachofa con dosis crecientes de AG, lo que reafirma la funcionalidad fisiológica de esta hormona vegetal en promover altura en diferentes especies y condiciones agroclimáticas.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos propuestos se concluye:

Referente al efecto de la aplicación de ácido giberélico en el crecimiento de la caña de azúcar tuvo un efecto de gran relevancia en todas las variables relacionadas al crecimiento: número y longitud de entrenados, longitud y diámetro del tallo, longitud y ancho de hoja, así como altura de planta. Las dosis más altas (especialmente 40 g ha⁻¹)

generaron los mayores incrementos, confirmando el papel de esta hormona en la elongación y expansión de tejidos vegetales.

En relación al efecto del ácido giberélico sobre el desarrollo de las plantas de caña de azúcar los resultados demostraron que el ácido giberélico influyó significativamente en el desarrollo de la planta, reflejado en un mayor número de tallos por metro lineal y en la longitud al punto de quiebre. Esto indica que el AG promovió tanto el Macollamiento como la resistencia estructural del tallo.

Respecto a la dosis de ácido giberélico de mayor eficiencia en crecimiento y desarrollo de la planta de caña de azúcar los resultados mostraron que la dosis de 40 g ha⁻¹ de ácido giberélico fue la más efectiva en la mayoría de las variables evaluadas. No obstante, la dosis de 25 g ha⁻¹ mostró resultados estadísticamente similares en algunas características, por lo que puede considerarse como una alternativa eficiente según el enfoque productivo o económico del cultivo.

6.2 Recomendaciones

De los resultados obtenidos se recomienda:

La aplicación de ácido giberélico a una dosis de g ha⁻¹, ya que esta fue la más efectiva para mejorar el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar en las condiciones del valle Huaura.

Se sugiere realizar estudios complementarios en etapas posteriores del cultivo, como la maduración y el contenido de azúcar, para evaluar el efecto del ácido giberélico en la productividad final.

Repetir la investigación con las mismas dosis del ácido giberélico utilizados y durante la misma estación climática, para corroborar resultados

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS

- Agrarias pe. (2025, 17 de febrero). Perú produce entre 1 millón y 1.2 millones de toneladas de azúcar al año. <https://agraria.pe/noticias/peru-produce-entre-1-millon-y-1-2-millones-de->
- Cabrejos, J., Salazar, S., & Vega, S. (2019). Fertilización nitrogenada, edad de la plantación al cosechar y la calidad de la caña de azúcar en un suelo moderadamente salino. *Agrociencia Uruguay*, 23(2). <https://doi.org/10.31285/agro.23.81>
- Camara, M. C., Vandenberghe, L. P. S., Rodrigues, C., de Oliveira, J., Faulds, C., Bertrand, E., & Soccol, C. R. (2018). Current advances in gibberellic acid (GA₃) production, patented technologies and potential applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(9), 141. <https://doi.org/10.1007/s11274-018-2506-4>
- Churano, A. (2021). Efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de *Saccharum officinarum* L. en la zona baja del valle Huaura [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
- Cléber, H., Pacheco, A., Letusa, M., Morais, L., & Costa, C. (2024). La frecuencia y el estado fenológico de la aplicación foliar de nutrientes y bioestimulantes pueden aumentar el rendimiento de la caña de azúcar y la producción de biomasa y bioenergía. *Crop Science*, 64(2), 870–886.

Curo, A., & Patriona, L. (2022). Efecto de la aplicación de ácido giberélico y de ácido abscísico sobre la producción y calidad de uva de mesa en la variedad Red Globe (*Vitis vinifera* L.) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].

Eguizabal, J. (2024). Efecto de dosis del ácido giberélico en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].

Fancelli, A. (2023, 10–11 de mayo). Aplicaciones y perspectivas del uso de bioestimulantes y biorreguladores en agricultura. En Simposio Fertilidad 2023. Rosario, Argentina. https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2023/06/13_Aplicaciones-y-perspectivas-del-uso-de-Bioestimulantes-y-Biorreguladores-en-agricultura.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). Sugarcane: Soil and environmental requirements. <https://www.fao.org/landwater/databases-and-software/crop-information/sugarcane/en/>

García, I., Calderón, G., & Arévalo, M. (2023). Biorreguladores y bioestimulantes en el desarrollo, crecimiento y rendimiento de fruto de arándano Biloxi. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4), 383–388.

Kooper, J. (2015). Determinación de la eficacia del ácido giberélico (PROGIBB® 40 WG) sobre el rendimiento y la calidad de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.).

MIDAGRI. (2022). El agro en cifras: Boletín estadístico mensual. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://siea.midagri.gob.pe/>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). El agro en cifras.
<https://siea.midagri.gob.pe/>

Miranda, F., Porras, J., Valencia, R., & Vega, E. (2011). Métodos estadísticos para la investigación. Universidad Nacional Agraria La Molina.

National Parks Board. (2025). *Saccharum officinarum*. Flora & Fauna Web.
<https://www.nparks.gov.sg/florafauweb/flora/2/4/2411>

Pareja, M. (2025). Tres concentraciones de ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de alcachofa (*Cynara scolymus*) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

Patiño, O. (2020). Incremento del crecimiento y desarrollo de la semilla de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) como respuesta a la aplicación del ácido giberélico [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

Salazar, S., Martínez, N., García, J., Pérez, R., & Contreras, R. (2018). Gibberellin biosynthesis and metabolism: A convergent route for plants, fungi and bacteria. *Microbiological Research*, 208, 85–98.

Sánchez Santillán, T., Huamán, M., Morales Rojas, E., & Chichipe Puscan, A. K. (2020). Dinámica de crecimiento de *Pisum sativum* L. bajo la aplicación de ácido giberélico en la provincia de Chachapoyas – Amazonas. *Revista Científica Pakamuros*, 8(4).
<https://doi.org/10.37787/k61rc453>

Shahzad, M. A., Khalid, H., Rehman, H. U., Khan, A., & Shaukat, N. (2024). Impact of gibberellic acid GA₃, biochar, and plant growth-promoting rhizobacteria on fenugreek under lead stress. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81072-z>

Singh, M., Johar, V., Bansal, A., Bansal, N., Kumar, R., & Goyal, V. (2024). Gibberellic acid: A multifaceted modulator for plant growth, development, and stress mitigation. *Journal of Experimental Botany*, 69(16), 3823–3837. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery180>

Solano, M., & Castañeda-Castro, O. (2018). Afectaciones fisiológicas y bioquímicas en vitroplantas de caña de azúcar en respuesta al estrés hídrico y salino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1483–1493. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1253>

Tavares, R., Lakshmanan, P., Peiter, E., O’Connell, A., Caldana, C., Vicentini, R., & Menossi, M. (2018). Scgai is a key regulator of culm development in sugarcane. *Journal of Experimental Botany*, 69(16), 3823–3837.

Weather Spark. (2025). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Végueta, Perú. <https://es.weatherspark.com/>

Zárate, H. (2016). Adaptabilidad de 12 variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el centro poblado Maranjo Yau, distrito de Santo Domingo de la Capilla-Cutervo 2014–2015 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].

ANEXOS

ProGibb® 40SG

(ÁCIDO GIBERÉLICO)

REGULADOR DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE USO AGRÍCOLA

GRÁNULOS SOLUBLES - SG

Composición:

Ácido giberélico (GA₃) 40%

Materiales inertes 60%

Reg. PBUA N° 240-SENASA

Titular del Registro: **FARMEX S.A.**

Contenido Neto: 2,5 g

Formulado por:

 **VALENT BIOSCIENCES**
870 Technology Way
Libertyville, IL 60048
U.S.A.
Teléfono:
(01) 847-968-4790

Importado y distribuido por:

 **Farmex**
Calle Dean Valdivia No 148 Piso 7
San Isidro, Lima, Perú
Teléfono: 630-6400
www.farmex.com.pe

® Marca Registrada por Valent BioSciences LLC, U.S.A.

N° de Lote, Fecha de Fabricación y Fecha de Vencimiento
véase el dorso del sobre.

**NO
CORROSIVO**

**NO
INFLAMABLE**

**NO
EXPLOSIVO**

PRECAUCIÓN

Figura 1

Instalación de la investigación



Figura 2

Instalación de la investigación



Figura 3

Diagrama y productos a aplicar

90 días



Figura 4

Aplicación de los tratamientos a los



Figura 5

Figura 6

Distribuyendo los diferentes tratamientos



Figura

Figura 8

Contando el número de nudos por planta



Aplicando la dosis correcta



7

Contando el número de tallos por ml.



Figura 9

Midiendo altura de planta
vernier



Figura 10

Midiendo el diámetro del tallo con



Figura 11

Anotando dato al punto de quiebre



Figura 12

Ordenando los datos de campo



Tabla 23 Medición del experimento

Bloque	Tratamiento	Número de entrenudos/tallo	Longitud de entrenudo (cm)	Número de tallos/metro lineal	Longitud del tallo (cm)	Longitud al punto de quiebre (cm)	Diámetro del tallo(cm)	Longitud de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Altura de planta (cm)
1	00	7.4	17.05	18	141.2	228.64	2.60	148.22	4.34	253.64
1	20	7.4	17.375	18	147.8	230.48	2.76	152.12	4.38	255.48
1	25	7.8	17.94	19	174.06	232.52	2.84	163.74	4.48	257.52
1	30	8	18.14	18	162.34	240.22	2.90	157.84	4.56	265.22
1	35	8.2	17.66	19	131.42	250.4	3.03	158.46	4.42	275.4
1	40	8.2	19.06	19	195.4	252.58	3.15	163.86	4.68	277.58
2	00	7.2	17.26	18	141.14	229.4	2.60	149.52	4.36	254.4
2	20	7.6	17.35	18	142.82	230.94	2.71	151.48	4.38	255.94
2	25	8	18.3	18	172.98	232.36	2.78	162.98	4.46	257.36
2	30	8	18.02	18	161.58	241.02	2.88	156.66	4.48	266.02
2	35	8	18.82	19	174.54	250.6	3.05	157.8	4.44	275.6
2	40	8.4	18.88	19	200.32	252.24	3.07	161.66	4.66	277.24
3	00	7.4	17.26	17	141.32	229.38	2.61	150.3	4.34	254.38
3	20	7.6	17.62	18	148.6	230.48	2.66	152.96	4.36	255.48
3	25	7.8	18.225	18	174.36	232.48	2.83	164.1	4.5	257.48
3	30	8	17.7	18	162.1	239.06	2.87	157.42	4.56	264.06
3	35	8	18.48	19	172.84	251.26	3.04	157.58	4.42	276.26
3	40	8.2	19.26	19	199.28	252.64	3.14	163.4	4.66	277.64