

**Evaluación de germinación de semilla asexual de tres variedades de caña de azúcar
(*Saccharum spp.*) bajo tratamiento con reguladores de crecimiento**

Yini Guillermo Ortega Caicedo

Asesora de trabajo de grado: M.sc Maria Delcarmen Garces Garcia.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio ambiente – ECAPMA

Agronomía

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia. A Dios por que ha estado siempre conmigo en cada paso que doy, cuidándome, guiándome y dándome fortaleza en cada escalón para seguir continuando con lo que me he propuesto.

A mis padres por su gran apoyo y motivación para continuar con el estudio profesional, y estar siempre a mi lado dándome fortaleza.

A mi familia, quienes a lo largo de mi vida me han apoyado en cada momento. Confiando en cada reto que se me ha presentado, sin dudar un solo momento en mis capacidades para dar solución a cualquier problema que se me presente.

Agradecimientos

Al concluir una etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos quienes juntos caminaron en todo momento y siempre fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza en cada paso que di. Esté agradecimiento especial para DIOS, mis padres, hermanos, mi pareja, mis demás familiares y amigos. Gracias por todo su apoyo incondicional.

A Cenicaña por el espacio brindado, sus recursos y herramientas necesarios para llevar a cabo la investigación.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por su apoyo.

Agradecer al M.Sc Juan Carlos Ángel Sánchez por su confianza en el trabajo y su recomendaciones.

También quiero agradecer al ingeniero agrónomo Luis Felipe Bohórquez, quien me recomendó hacer el trabajo de grado con los reductores de germinación en la semilla de caña de azúcar.

Agradecer a la directora: PhD. María Del Carmen Garces por su apoyo incondicional en el desarrollo del trabajo de grado.

A la ingeniera Elian Rincón, por su valiosa ayuda y consejo para tomar las mejores decisiones.

Al ingeniero agrónomo Camilo Vivares por sus recomendaciones y apoyo.

A Julián Fernando Mateus Rodríguez, por su apoyo y colaboración en la dosificación de los productos para cada tratamiento.

A José Fernando Girado, por su apoyo y colaboración en el diseño experimental, y a todo su grupo de trabajo de biometría, por su colaboración en el análisis estadístico del experimento que fue de gran importancia para poder concluir con el trabajo.

También quiero agradecer al grupo de trabajo, del área de multiplicación de variedades por su apoyo y colaboración que fue de gran importancia para el desarrollo de este trabajo.

Resumen

En el sistema de multiplicación de plantas de caña de azúcar (*Saccharum spp*) por yemas individuales se utilizan tallos provenientes de semilleros sanos, a partir de los cuales se extraen las yemas para la obtención de plantas que serán usados principalmente para el establecimiento de semilleros básicos sanos en la industria. La edad óptima de los tallos para obtener una buena relación entre el número de yemas producidas y una buena germinación es entre los 7 a 9 meses de edad y con un máximo de dos cortes. Durante el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar se presenta un comportamiento de crecimiento conocido como “dominancia apical” por lo que permite a la planta crecer de manera vertical hasta cumplir su ciclo biológico. El regulador de crecimiento con mayor concentración dentro de las yemas de *Saccharum spp*, son las pertenecientes al grupo conocido como auxinas. Las interacciones entre estas moléculas están reguladas principalmente por tres grandes grupos, las ya mencionadas Auxinas, Giberelinas y Citoquininas, este último grupo es el más ampliamente estudiado debido a la relación que tiene las citoquininas con la división celular y se conoce que ciertas concentraciones de este regulador de crecimiento aumenta al momento de comenzar los procesos que conlleva la germinación en la planta, por lo que es ampliamente utilizado de forma comercial como un inductor de la germinación.

Palabras clave: Caña de azúcar, Reguladores de crecimientos, Semilla, yemas individuales, germinación.

Abstract

In the system of multiplication of sugarcane plants (*Saccharum spp*) by individual buds, stems from healthy seedbeds are used, from which the buds are extracted to obtain plants that will be used mainly for the establishment of basic seedbeds. healthy in the industry. The optimal age of the stems to obtain a good relationship between the number of buds produced and good germination is between 7 to 9 months of age and with a maximum of two cuts. During the vegetative development of sugarcane, a growth behavior known as “apical dominance” occurs, which allows the plant to grow vertically until it completes its biological cycle. The growth regulator with the highest concentration within the buds of *Saccharum spp* are those belonging to the group known as auxins. The interactions between these molecules are regulated mainly by three large groups, the aforementioned Auxins, Gibberellins and Cytokinins. This last group is the most widely studied due to the relationship that cytokinins have with cell division and it is known that certain concentrations of this Growth regulator increases at the beginning of the processes that involve germination in the plant, which is why it is widely used commercially as a germination inducer.

Keywords: Sugarcane, Growth regulators, Seed, individual buds, germination.

Tabla de Contenido

Introducción	10
Objetivos	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Marco Teórico.....	13
Importancia económica del cultivo de caña de azúcar.....	13
Generalidades del Cultivo de Caña de Azúcar	15
<i>Origen de la caña de azúcar</i>	15
Etapas fenológicas de la caña de azúcar	16
Requerimientos del cultivo de caña de azúcar	17
Condiciones climáticas.....	18
Morfología de la caña	19
Semilleros	24
<i>Tipos de Semilleros</i>	24
Reguladores de crecimiento.....	25
Importancia de los reguladores de crecimiento en la fisiología de las plantas	26
Auxinas	27
Giberelinas	28
Citoquininas	29
Metodología.....	31
Localización	31
Variedades de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	31

Diseño experimental	37
Descripción de los tratamientos	37
Detalle de las unidades experimentales	37
Análisis de la influencia de diferentes factores sobre la germinación de yemas de diversas variedades	38
Introducción	38
Análisis descriptivo.....	39
Análisis inferencial	39
Evaluación 1	39
Evaluación 2.....	44
Conclusiones.....	48
Recomendaciones.....	49
Referencias Bibliográficas	50
Apéndices	52
<i>Fotografías de Materiales, tratamientos y zona agroecológica</i>	<i>52</i>

Lista Figuras

Figura 1 <i>Principales países productores de caña de azúcar y Colombia</i>	17
Figura 2 <i>Imagen del Centro de Investigación en Valle del Cauca</i>	31
Figura 3 <i>imagen</i>	34
Figura 4 <i>imagen</i>	34
Figura 5 <i>Imagen extracción</i>	35
Figura 6 <i>Imagen tratamiento térmico</i>	35
Figura 7 <i>Imagen siembra yemas</i>	35
Figura 8 <i>Imagen trasplante a bandejas</i>	36
Figura 9 <i>Distribución espacial de los tratamientos</i>	38
Figura 10 <i>Interacción CC 05-430 – Tratamientos</i>	42
Figura 11 <i>Interacción CC 09-066 – Tratamientos</i>	43
Figura 12 <i>Interacción CC 11-600 – Tratamientos</i>	43
Figura 13 <i>Interacción CC 05-430 – Tratamientos</i>	46
Figura 14 <i>Interacción CC 09-066 – Tratamientos</i>	47
Figura 15 <i>Interacción CC 11-600 – Tratamientos</i>	47

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Principales países productores de caña de azúcar y Colombia</i>	14
Tabla 2 <i>Taxonomía</i>	16
Tabla 3 <i>Descripción de los tratamientos</i>	37
Tabla 4 <i>Estadísticas descriptivas</i>	38
Tabla 5 <i>Información del modelo</i>	39
Tabla 6 <i>Test de tipo III para efectos fijos</i>	40
Tabla 7 <i>Agrupamiento Bonferroni para variedad $\alpha=0.05$</i>	40
Tabla 8 <i>Agrupamiento Bonferroni para tratamiento $\alpha=0.05$</i>	41
Tabla 9 <i>Información del modelo</i>	41
Tabla 10 <i>Test de tipo III para efectos fijos</i>	44
Tabla 11 <i>Agrupamiento Bonferroni para variedad $\alpha=0.05$</i>	44
Tabla 12 <i>Agrupamiento Bonferroni para tratamiento $\alpha=0.05$</i>	45

Introducción

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia a nivel mundial; ya que es a partir de esta que se obtiene una de las fuentes energéticas más importantes y utilizadas en los hogares y en la industria alimentaria, sin tener en cuenta nuevos sectores como la producción de miel, biocombustibles, y papel a partir de bagazo, entre otros (Kooper, 2015). Es sembrado en la zona tropical, ocupa aproximadamente 51 millones de hectáreas generando una producción de 140 millones de toneladas de caña entre 2018/2019 (ASOCAÑA, 2019). En Colombia ocupa el quinto lugar entre los cultivos más sembrados, representa el 3,7% del producto interno bruto (PIB) agrícola y en el Valle del Cauca, el 38,1% (ASOCANA, 2017).

En relación con este sector productivo, Colombia es un país privilegiado ya que cuenta con las condiciones climáticas óptimas para la producción de caña de azúcar, que permiten sembrar y cosechar en cualquier época del año (ASOCAÑA, 2017). El sector azucarero se encuentra ubicado entre los 3 y 5 grados de latitud norte, cubriendo los departamentos de Risaralda, Quindío, Caldas, Cauca y Valle del Cauca, comprendido por unas 430.000 hectáreas planas, a una altura de 1050 metros sobre el nivel del mar aproximadamente. Para el año 2018 se reportó un área total de 243,232 hectáreas en Caña de azúcar, con 207.083 hectáreas cosechadas (ASOCAÑA, 2019).

Colombia cuenta con grandes extensiones para la producción de caña y con condiciones climáticas ideales; se ubica en el primer lugar en cuanto a productividad a nivel mundial (FAO, 2017). El objetivo general del presente estudio fue evaluar la respuesta de la semilla de caña de azúcar por medio de yemas individuales de las tres variedades CC 11-600, CC 05-430 Y CC 09-066 ante la aplicación de Auxinas, Giberelinas y citoquininas y específicamente estudiar el efecto de los tres reguladores de crecimiento en el comportamiento agronómico de la semilla de

caña de azúcar a partir de yemas individuales. Evaluar cuál de los tres tratamientos tiene mejor efecto en la semilla, y determinar la viabilidad de la aplicación de los tratamientos por aspersión con bomba espaldera.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los efectos de la aplicación de reguladores de crecimiento (Auxinas giberelinas y Citoquininas) En la germinación de la semilla asexual de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) usando tres reguladores de crecimiento.

Objetivos específicos

Identificar porcentaje de germinación de semilla asexual en condiciones naturales de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Comparar la influencia de tres reguladores de crecimiento en la germinación de semilla asexual de variedades de caña de azúcar, (*Saccharum officinarum*)

Marco Teórico

Importancia económica del cultivo de caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) representa una de las actividades agroindustriales de mayor importancia económica y social a nivel mundial. Actualmente se siembra en alrededor de 110 países, en aproximadamente 25 millones de hectáreas a nivel mundial, y con una producción cercana a los 1.800 millones de toneladas de caña. Su principal uso es la producción de azúcar, siendo la caña de azúcar la encargada de proveer cerca de dos tercios de la producción mundial. Los principales productores de caña de azúcar son Brasil y la India; en conjunto aportan alrededor del 59 % de la producción a Nivel mundial. En Colombia se producen aproximadamente 34,6 millones de toneladas de caña de azúcar (Tabla 1-1) (FAO, 2017).

La producción de caña de azúcar se encuentra distribuida en 6 departamentos de Colombia, siendo el departamento del Valle del Cauca el principal productor a nivel nacional con 21 millones de toneladas.

Este sector mueve el 0,7 % del PIB de Colombia, 180.000 empleos. Hay 14 ingenios azucareros en la región, seis de ellos tienen plantas de bioetanol. La caña de azúcar es el motor de la economía en el Valle del Cauca gracias a las condiciones climáticas de la zona. Beneficia a 1.200.000 familias a través de la generación de 188.000 empleos directos.

La caña de azúcar no genera solamente bienestar en el empleo directo sino en todo el encadenamiento productivo. Es decir, empleo que se genera directamente en los cultivadores, directamente en los ingenios, en las fábricas, pero también en estas empresas de nivel intermedio que proveen servicio y bienes y mano de obra no calificada en las poblaciones”.

Algunas cifras del sector son las siguientes: i) El sector exporta 518.000 toneladas de azúcar al año, ii) Representa el 3,7 % del PIB agrícola del país, iii) Representa el 38,1 % del PIB agrícola del Valle del Cauca y iv) En el departamento hay 14 ingenios azucareros y seis de ellos tienen plantas de bioetanol. Varios de los ingenios azucareros del Valle del Cauca no sólo producen azúcar, sino que realizan bioetanol, un combustible que se utiliza junto con la gasolina y es amigable con el medio ambiente. También, producen energía eléctrica con el bagazo que queda de la caña, podría darle energía eléctrica a una ciudad de un millón de habitantes. (Agronet, 2018).

Otros Subproductos y Derivados de la Caña son: Miel, melaza, panela, dulces, vinagres, carburantes (etanol), antisépticos, ácido Glicólico, citrato de calcio, citrato de sodio, ácido cítrico, papel, aglomerados, bioplásticos y abonos orgánicos.

Tabla 1:
Principales países productores de caña de azúcar y Colombia.

País	Producción (t)
Brasil	758.548.292
India	306.069.000
China	104.404.000
Tailandia	102.946.001
Pakistán	73.401.199
México	56.954.993
Australia	36.561.497
Colombia	34.638.019
Guatemala	33.758.389
Estados Unidos	30.153.010

Fuente: FAO. (2017).

Se observa en la Tabla 1 que el mayor productor de caña de azúcar a nivel mundial es Brasil, seguido de la India, China y Tailandia que producen por encima de los 100 millones de toneladas. Los niveles de producción de Colombia en América son mayores que los de Guatemala y los Estados Unidos de América.

Generalidades del Cultivo de Caña de Azúcar

Origen de la caña de azúcar

Según Fauconnier, R. (1975), *Saccharum robustum* fue la variedad de la cual provino *Saccharum officinarum* y todas las demás especies de caña de azúcar, la misma que existe desde el año 6000 A.C. y desde el año 3000 A.C. se la emplea para la alimentación humana. El origen de la caña proviene de Nueva Guinea y de las islas vecinas. Los romanos ya conocían de las características de la caña de azúcar, pero fueron los árabes quienes difundieron estacas de caña de azúcar por Palestina, Egipto, Sicilia, España y Marruecos. Posterior a esto Cristóbal Colón en su segundo viaje la introdujo a América, específicamente a las islas del Caribe, actualmente República Dominicana y entre los años de 1500 – 1600 a la mayoría de países de América (FAO, 2013).

Es un cultivo perenne que macolla fuertemente y produce 4-12 tallos, que crecen hasta alcanzar 3-5 metros de altura. Al ser una planta C4, la caña tiene una tasa de fotosíntesis muy alta: alrededor de 150-200% por encima del promedio de otras plantas. Después del período de macollaje, las plantas entran en un periodo de rápido crecimiento. Esta fase de gran crecimiento necesita el apoyo de un programa nutricional. El primer cultivo de caña suele obtenerse de un trozo de tallo llamado estaca o esqueje. En algunos países plantan la caña entera. Las yemas u ojos en el esqueje germinan hasta producir brotes y raíces que darán lugar a la primera generación del cultivo. En algunos cultivares las raíces se desarrollan primero y en otros, los

brotos. La duración del ciclo de cultivo, de brotación a cosecha varía dependiendo del clima y variedad y va de 12 a 24 meses (Oliviera, 2011).

Tabla 2:
Taxonomía.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Genero	Saccharum
Especie	S. officinarum
Nombre binomial S	Saccharum SPP.

Fuente: Lizardo et al. (2002).

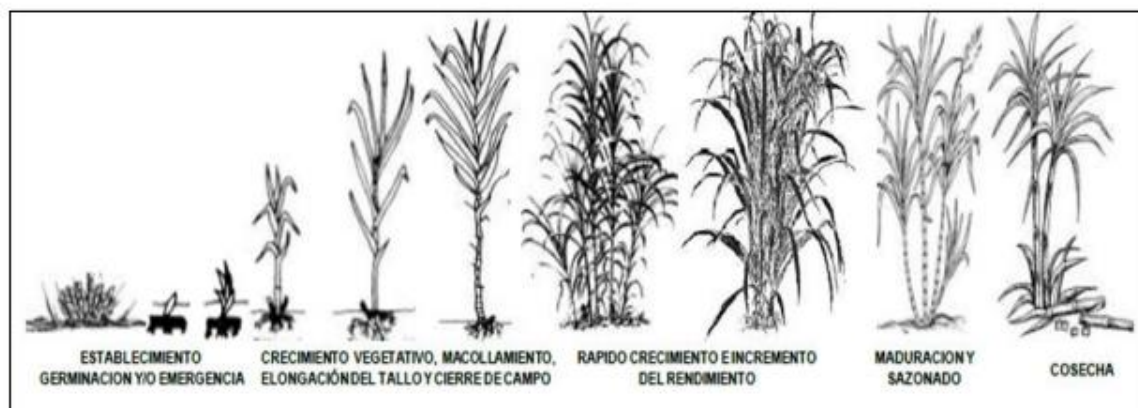
Etapas fenológicas de la caña de azúcar

La caña de azúcar cuenta con una elevada eficiencia fotosintética, lo que le proporciona unas altas tasas de crecimiento. En los primeros meses del cultivo, predominan los azúcares reductores glucosa y fructosa que son usados por la planta para generar tallos en la etapa de macolla miento en la que el crecimiento varía entre 1.5 y 2 cm por semana. A partir del cuarto mes y hasta los 10 meses de edad del cultivo, la sacarosa se incrementa en forma gradual y se reduce la tasa de crecimiento de los tallos, la cual puede estar entre los siete y 10 cm por semana dependiendo de la variedad, el clima, el suelo y el manejo agronómico. A partir del mes diez, donde empieza la fase de maduración, el crecimiento se reduce de forma natural a 6 cm por

semana, lo que conlleva a aumentar la síntesis de sacarosa a partir de los azúcares reductores y al almacenamiento de esta en los tallos.

Figura 1:

Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar.



Fuente: Villegas y Torres. (1993).

Requerimientos del cultivo de caña de azúcar

Requerimientos nutricionales

La caña de azúcar es un cultivo altamente extractor de nutrientes del suelo y requiere considerables dosis de fertilización de macro y micronutrientes para suplir sus necesidades, debido a su elevada capacidad de producción de biomasa¹, que en peso fresco alcanza un valor cercano o superior a 100 t/ha (que significa entre 20 y 35 t/ha de materia seca), lo cual, asociado a la prolongada duración de su ciclo, implica una extracción de nutrientes del suelo de entre 800 a 1,500 kg/ha por año, sobresaliendo el potasio y silicio, seguidos de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes (Velasco, 2014).

La mayoría de los nutrientes requeridos tienen una función específica para mejorar el rendimiento. El nitrógeno es importante para alta producción, estimula el crecimiento y su desarrollo, llevando a un macollaje más fuerte.

El fósforo es particularmente importante para el desarrollo radicular, crecimiento temprano de brotes, incremento de la productividad temprana y la extensión de los entrenudos. El potasio, al igual que el nitrógeno, estimula un fuerte desarrollo de la caña, buena longitud de los entrenudos, mayor circunferencia y producción. Por otra parte, el magnesio, el azufre y el hierro, incrementan la actividad fotosintética manteniendo buen desarrollo para dar altos rendimientos; y el calcio, asegura plantas resistentes, protege la producción de raíces, tallo y hojas (Domínguez,).

Condiciones climáticas

La caña de azúcar se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales de la tierra. En Colombia se cultiva en forma productiva desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2.000 metros en las más variadas condiciones de temperatura, luminosidad, precipitación y calidad de suelos.

Según (Dávila 2014)

Temperatura: El cultivo de caña requiere de altas temperaturas la mayor parte de su ciclo vegetativo, las temperaturas ideales en cada etapa se referencian a continuación:

Germinación: Son ideales temperaturas entre los 26°C a 33°C, por debajo de 20°C la germinación y desarrollo radicular se ven afectados (Davila, 2014).

Los autores (Duarte, O., & González, J., 2019) aportan que

Crecimiento: La temperatura óptima para el crecimiento de la caña de azúcar es de 30°C a 34°C, temperaturas que superen los 38°C o inferiores a 15°C detienen el crecimiento (Duarte, O., & González, J., 2019).

(Aguilar, 2011) dice que

Maduración: Temperaturas bajas en la noche de 18°C y altas en el día de 30°C, favorecen la producción y concentración de sacarosa (Aguilar, 2011).

Luz: El cultivo de caña tiene es muy eficiente en la utilización de energía solar, incrementando la tasa fotosintética; por lo cual una mayor radiación solar se refleja en mayores

rendimientos (Duarte & González, 2019). Cuando se cuenta con 10 a 14 horas de luz, el crecimiento del tallo se incrementa, las seis hojas superiores captan el 70% de la radiación, por lo que se recomienda un índice de área foliar de 3 a 3.5 (Duarte & González, 2019).

Precipitación: En la región, la caña de azúcar requiere entre 1100 y 1300 mm de agua durante un ciclo de cultivo de 13 meses. La precipitación anual multianual oscila entre 800 mm y 2400 mm (Cenicaña, 2019).

Morfología de la caña

El conocimiento de la morfología de la planta permite diferenciar y reconocer las variedades existentes. Dicho conocimiento es útil y aplicable en el momento de distinguir y diferenciar la constitución externa e interna de una especie y conocer cuál de sus órganos tiene mayor importancia.

Las partes básicas de la estructura de una planta que determinan su forma son: la raíz, el tallo, las hojas y la flor. Por lo tanto, es conveniente conocer la morfología de la planta y las características básicas de una variedad con el propósito de identificarlas y así evitar mezclas en un mismo lote que pueda en un momento ser indeseable.

Sistema radicular

Constituye el anclaje de la planta y el medio para la absorción de nutrientes y de agua del suelo. El sistema se conforma por 2 tipos de raíces: (Corpoica)

Raíces primordiales: corresponden a las raíces de la estaca original de siembra. Son delgadas, muy ramificadas y su periodo de vida no llega hasta los 3 meses de edad en el momento de la aparición de raíces de los nuevos brotes.

Según :(Humbert,1974)

Raíces permanentes: Brotan de los anillos de crecimiento de los nuevos brotes. Son numerosas, gruesas, de rápido crecimiento y su proliferación avanza con el desarrollo de

la planta. Su cantidad, longitud y edad, depende de la variedad y las condiciones de suelo y humedad. La raíz de la caña es fasciculada y puede clasificarse como: amplia, mediana y pequeña. FUENTE:(Humbert,1974)

El tallo

Es el órgano más importante de la planta de caña, puesto que en él se almacena los azúcares. El número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento dependen de la variedad. La longitud de los tallos, en gran parte dependerá de las condiciones ambientales de la zona y del manejo que se le dé a la variedad, y en lo posible se buscan que tengan una altura y diámetro uniforme. Los tallos pueden ser primarios, secundarios o terciarios, etc. Las partes constitutivas del tallo son.

El nudo

Es la porción dura y más fibrosa del tallo que separa dos entrenudos vecinos. El nudo a su vez se encuentra conformado por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, la cicatriz foliar, el nudo propiamente dicho, la yema y el anillo ceroso. La forma de la yema y su pubescencia es diferente en cada variedad y por lo tanto son usados para la identificación de éstas. (Lopez,2015)

El entrenudo

Es la porción del tallo localizado entre dos nudos. El diámetro, el color, la forma y la longitud cambia con la variedad. El color es regulado por factores genéticos, cuya expresión puede ser influenciada por condiciones del medio ambiente y en especial por la exposición directa a la luz. Sus formas más comunes son: cilíndrico, abarrilado, constreñido, coneiforme, ob-coneiforme, curvado.

Meristemo apical

Se encuentra en la parte terminal del tallo y está rodeado por los primordios foliares.

Hoja

Se origina en los nudos y se distribuye en posiciones alternas a lo largo del tallo. Cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina o yagua. La unión entre éstas dos partes se conoce con el nombre de lígula y en cada extremo de ésta una aurícula con pubescencia variable. La forma y el color de la lígula, así como la forma de la aurícula, permiten diferenciar variedades.

Laminar foliar

Es la parte más importante para el proceso de fotosíntesis y su disposición en la planta difiere con las variedades, siendo las más comunes la pendulosa y la erecta. La lámina foliar es recorrida en toda su longitud por la nervadura central y los bordes de la hoja presentan protuberancias en forma aserrada, cuyo número y longitud varían con las variedades. El color de las hojas dependiendo de la variedad puede variar desde verde claro a uno más oscuro. La longitud y ancho de las hojas dependen de la variedad.

Yagua o vaina

Es de forma tubular, envuelve el tallo y es más ancha en la base. Puede tener presencia o ausencia de pelos urticantes en cantidad y longitud que cambian con las variedades. Su color puede variar desde un verde, cuando jóvenes, hasta un rojo-púrpura cuando alcanzan su madurez. La intensidad de su adherencia al tallo dependerá de la variedad.

La flor

Es una inflorescencia en panícula sedosa en forma de espiga. Las espiguillas dispuestas a lo largo de un raquis contienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estimas. Cada flor, está rodeada de pubescencias largas que le dan a la inflorescencia un aspecto

sedoso. La floración ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y niveles de nutrientes en el suelo son favorables. (Corpoica)

Crecimiento y tasa de elongación

El crecimiento de los tallos se puede medir a través del cambio en la distancia entre el cuello de la hoja TVD (Última hoja con el cuello visible) hasta otro punto fijo en el tallo. Esta medida se realiza en la hoja TVD debido a que su crecimiento ha finalizado y por esto, cualquier movimiento hacia arriba del cuello se toma como resultado en el aumento en la longitud del tallo (Van Dillewijn, 1952).

Las medidas de crecimiento que se toman en épocas distintas pueden crear desproporción en el proceso de comparación de crecimiento. Por esto, es importante realizar las observaciones de crecimiento durante un periodo estándar determinado y aquí es donde se puede involucrar la variable tasa de elongación diaria.

Hartt (1965) observó

que la translocación de los fotosintatos desde las hojas hacia el pseudotallo y las hojas jóvenes es bastante rápida ($Q_{10}=3,9 - 16,2$). Esto debido a que se involucra los procesos enzimáticos en el metabolismo del crecimiento celular y por ende la translocación hacia la parte basal de los tallos es menor, ya que existe una influencia mayor de los procesos físicos y físico-químicos de la planta.

El consumo de sacarosa en los tallos envuelve su degradación *in situ*; en la que se utiliza para formar otras sustancias, lo que explica las cantidades altas de azúcares reductores en los puntos de crecimiento (Melo et al, 1995). El crecimiento del ápice es una fuente vertedero de carbohidratos que es cambiante dependiendo de la demanda de las regiones meristemáticas, por lo que tiene un efecto marcado en los procesos de partición, conversión y removilización de la

sacarosa en el tallo (Alexander, 1973). Aunque es importante considerar que la velocidad de elongación de la caña es mucho más alta en las noches debido a la respiración que durante el día, pero puede ser influenciado por la precipitación (Van Dillewijn, 1952).

Semilla de la caña de azúcar

La multiplicación y propagación de variedades de caña de azúcar para el establecimiento de semilleros sanos, libres de patógenos, a través de dos sistemas de multiplicación de variedades: el sistema convencional y el sistema de plantas provenientes de yemas individuales. (Cenicaña)

Sistema Convencional.

El desarrollo y la producción de las plantaciones comerciales dependen en gran medida de la calidad de la semilla utilizada para el establecimiento del cultivo. La semilla la constituye un trozo de tallo de 60 cm de longitud con tres o cuatro yemas funcionales;

Los requisitos para obtener semilla de alta calidad son los siguientes: alta pureza genética de la variedad, libre de patógenos, baja o ninguna incidencia de *Diatraea* spp., proveniente de semilleros tratados con agua caliente, semilleros de primero o segundo corte, edad óptima de corte entre 7 y 9 meses y desinfección de las herramientas de corte (machetes) con Aviyodox al 2 % o Vanodine al 2 %. (Cenicaña)

Semilleros

Un semillero es un área exclusiva del área de caña, a partir del cual se genera la semilla; estos deben planearse con tiempo de antelación a la siembra, pues es necesario programar la cantidad de semilla necesaria para la plantación comercial. Un área de 10.000 metros cuadrados (1 ha-1) en excelentes condiciones puede producir hasta 60 toneladas de semilla, con la que se puede abastecer un máximo de 6 hectáreas de caña comercial (Victoria & Calderon, 1995).

Tipos de Semilleros.

Semillero básico: se forma a partir de semilla proveniente de Cenicaña o de lotes comerciales y debe contar con pureza genética de la variedad inicial y un buen manejo agronómico. Este semillero debe manejarse con tratamiento térmico, para eliminar presencia de patógenos (Victoria & Calderon).

Semillero semicomercial: se da a partir del semillero básico o con material proveniente de la soca de otro semillero semicomercial ya tratado de forma térmica. El área de este campo es 10 veces mayor que el semillero básico.

Semillero comercial: a partir de la plantilla o primera soca de un semillero semicomercial; con un área mayor que la del semillero comercial. En este semillero no existe necesidad de realizar tratamiento térmico

Semilla por el sistema de multiplicación por Yemas individuales: En el sistema de multiplicación de plantas de caña de azúcar (*Saccharum spp*) Por yemas individuales se utilizan tallos provenientes de semilleros sanos, a partir de los cuales se extraen las yemas para la obtención de plantas que serán usados principalmente para el establecimiento de semilleros básicos sanos en la industria. La edad óptima de los tallos para obtener una buena relación entre

el número de yemas producidas y una buena germinación, es entre los 7 a 9 meses de edad y con un máximo de dos cortes. (Cenicaña)

Reguladores de crecimiento

Las hormonas reguladoras de crecimiento se encuentran presentes en todas las plantas terrestres y acuáticas, son compuestos químicos simples que se encargan de regular algunos procesos de crecimiento y desarrollo (Jordán & Casaretto, 2006). Se caracterizan por ser compuestos orgánicos con la capacidad de actuar en lugares distantes al punto de origen, aun en bajas concentraciones, e intervienen en procesos fisiológicos de la planta como el desarrollo de tejidos, la división y diferenciación celular, la elongación del tallo, en la inducción de la floración, en el desarrollo de frutos, en el tropismo, en latencia y germinación de semillas, en la caída de hojas (Celis & Gallardo, 2008). En la producción de cultivos algunos reguladores de crecimiento como las auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico; se sintetizan químicamente y son aplicados a las plantas con la finalidad de intervenir en algunos de los procesos fisiológicos de la planta a favor de la productividad del cultivo (Kooper, 2015). Por su parte Azcón & Talónen (2002) recalcaron el desarrollo normal de una planta como dependiente de la interacción de factores externos (ambientales) e internos de la planta como las hormonas. Las hormonas son definidas como compuestos naturales que tienen la capacidad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy bajas, generando procesos de correlación que, al recibir un estímulo en un órgano, lo transfieren a distintas partes de la planta para su mayor beneficio. Estas hormonas trabajan por distintos mecanismos como sinergismo, antagonismo y balance cuantitativo. Las plantas que son sometidas a la aplicación de ácido giberélico, pueden estar ligadas a lograr una mayor estimulación en su crecimiento (Taizy & Zeiger, 2006).

Por otra parte Larcher (2006), indicó que la acción de este tipo de hormonas vegetales es dependiente de la etapa de desarrollo y la actividad de las plantas, así como de estímulos externos del órgano que está recibiendo el estímulo y el tiempo de este efecto.

Importancia de los reguladores de crecimiento en la fisiología de las plantas

Las hormonas vegetales se han transformado en una herramienta agronómica muy importante que nos permite tener un mayor entendimiento respecto al funcionamiento de las plantas, las hormonas vegetales son sustancias que controlan los procesos de desarrollo de la planta. Las hormonas vegetales se dividen en estimuladoras e inhibidoras de crecimiento, entre las primeras encontramos las: Auxinas, Giberelinas y Citoquininas.

Los reguladores de crecimiento vegetal son compuestos sintetizados químicamente u obtenidos de otros organismos, son similares a las fitohormonas y cumplen un papel importante en la regulación de diferentes procesos bioquímicos a nivel celular en los organismos vegetales.

Los reguladores del crecimiento de las plantas (PGR) son sustancias químicas que se utilizan para modificar el crecimiento de las plantas, como aumentar la ramificación, suprimir el crecimiento de los brotes, aumentar la floración, eliminar el exceso de fruta o alterar la madurez de la fruta. Numerosos factores afectan el rendimiento del PGR, incluido qué tan bien la planta absorbe el químico, el vigor y la edad del árbol, la dosis, el momento, el cultivo y las condiciones climáticas antes, durante y después de la aplicación.

Las plantas dentro de su desarrollo requieren de reguladores hormonales, capaces de controlar toda la actividad metabólica en función de garantizar la homeostasis intracelular y extracelular. Cada fitohormona de acuerdo con su estructura química realiza diferentes interacciones para poder cumplir con sus funciones. Las principales fitohormonas utilizadas en el crecimiento vegetal son las auxinas, giberelinas, citoquininas, entre otras.

La importancia de los reguladores de germinación en las yemas es su función principal interrumpir el periodo de latencia de la semilla para hacerlas germinar, además, induce la activación, brotación y el crecimiento de yemas laterales.

Los reguladores de crecimiento en la planta de caña de azúcar promueven el desarrollo de los tallos, la formación de raíces adventicias y los desarrollos de las hojas y la dominación apical.

También promueve el macollamiento y brotación de las yemas.

Auxinas

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales que actúan como reguladoras del crecimiento vegetal en la cual da a conocer que ayuda la planta. Esencialmente provocan la elongación de las células. Se sintetizan en las regiones meristemáticas del ápice de los tallos y se desplazan desde allí hacia otras zonas de la planta, principalmente hacia la base, estableciéndose así un gradiente de concentración. Este movimiento se realiza a través del parénquima que rodea a los haces vasculares. Las auxinas y su rol en el crecimiento vegetal fueron primero descritas por el científico neerlandés Frits Warmolt Wentl.

La síntesis de auxinas se ha identificado en diversos organismos como plantas superiores, hongos, bacterias y algas, y casi siempre está relacionada con etapas de intenso crecimiento.

La presencia e importancia de las hormonas vegetales se estableció por los estudios de las auxinas. Sobre ellas hay una amplia y profunda información científica que supera ampliamente el conocimiento que se tiene de otras hormonas, lo que ha permitido comprender con más precisión cómo actúan las hormonas en las plantas. Junto con las giberelinas y las citocininas, las auxinas regulan múltiples procesos fisiológicos en las plantas, aunque no son los únicos compuestos con esa capacidad.

Su representante más abundante en la naturaleza es el ácido indolacético (AIA), derivado del aminoácido triptófano.

Las auxinas también son usadas por los agricultores para acelerar el crecimiento de las plantas, para promover la iniciación de raíces adventicias por lo que una auxina suele ser el componente activo de muchos preparados comerciales utilizados en la fruticultura para el enraizamiento de esquejes de tallos, para promover la floración y el cuaje de frutos, y para evitar la caída prematura de los frutos.

Giberelinas

Las giberelinas se desempeñan como reguladores esenciales del desarrollo de las plantas, cubriendo todas las etapas de su desarrollo (germinación de semillas, crecimiento del tallo, partenocarpia, expansión foliar, elongación de la raíz, floración y liberación de enzimas hidrólidas).

Las giberelinas (GAs) son un grupo de hormonas que regulan procesos de crecimiento y desarrollo en las plantas. En 1809 fueron descubiertas en Japón, tras el estudio de los efectos de la enfermedad causada por el hongo *Gibberella fujikuroi* en el cultivo de arroz; más tarde en el año 1955, lograron aislar de este hongo, el compuesto llamado ácido giberélico que genera un elevado crecimiento en el tallo de la planta (Celis & Gallardo, 2008). Aunque el número de (GAs) encontrado en plantas supera las 100, solo algunas de ellas interfieren en procesos fisiológicos (Jordán & Casaretto, 2006), la mayoría son precursores o productos inactivados laterales o finales, o hacen parte de reservas en la ruta de síntesis de las GAs activas (Celis & Gallardo, 2008). Su traslado se realiza a través de floema y xilema, no es polar como en el caso de las auxinas. Las hormonas de crecimiento producen una división celular al reducir la interfase del ciclo celular y generar las células en fase G1 a sintetizar ADN. Estas promueven la

elongación celular al incrementar la plasticidad de la pared y el contenido de azúcares reductores como la glucosa y fructosa, genera también la disminución del potencial de agua, lo que induce al ingreso de agua en la célula y a producir su expansión; generan la deposición transversal de microtúbulos y participan en el transporte de calcio. También pueden proceder a nivel génico para provocar algunos de sus efectos fisiológicos (Bonnett, 2014).

Citoquininas

Las citoquininas o citocininas son un grupo de hormonas vegetales (fitohormonas) que promueven la división y la diferenciación celular. Su nombre proviene del término «citocinesis» que se refiere al proceso de división celular. Son hormonas fundamentales en el proceso de organogénesis en las plantas y en la regulación de diversos procesos fisiológicos como fotosíntesis, regulación del crecimiento (dominancia apical), senescencia, apoptosis (muerte programada) vegetal, inmunidad vegetal (resistencia a patógenos), tolerancia y defensa ante herbívoros.

Las citoquininas son un tipo de fitohormona capaces de estimular la división celular, (de ahí su nombre). Trabajan de forma conjunta con las auxinas y fueron descubiertas tras la búsqueda de una serie de moléculas capaces de estimular la proliferación de células en cultivos de tejidos vegetales.

Se han descubierto citoquininas naturales en la leche de coco, zumo de tomate, raíces y tubérculos. Una buena fuente de citoquininas naturales son los frutos y las semillas inmaduras. Así, una fuente natural de citoquininas es el extracto de malta, que no es más que las semillas de cebada o trigo en germinación.

Las citoquininas también son sintetizadas por microorganismos (bacterias y hongos), la mayoría fitopatógenos como, por ejemplo: *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas savastanoi*

o el hongo *Plasmodiophora brassicae*). Estos microorganismos producen y segregan citoquininas o hacen que las plantas las sinteticen, lo que provoca alteraciones importantes en su desarrollo.

Entre sus funciones, las citoquininas estimulan la división celular, proliferación de yemas axilares (ruptura de la dominancia apical, tienen acción morfogénica al inducir la formación de órganos. En este aspecto están muy relacionadas con las auxinas, de forma que, en cultivos de tejidos vegetales, el balance entre auxina y citoquinina hace que se estimule la caulogénesis (balance auxina/citoquinina favorable a citoquinina), o la rizogénesis (balance auxina/citoquinina favorable a auxina). De esta forma, las citoquininas tienen un papel coordinando el desarrollo de raíces y tallos. Se absorben fácilmente por las raíces llevando información a los tallos sobre el estado nutritivo de las mismas.

Metodología

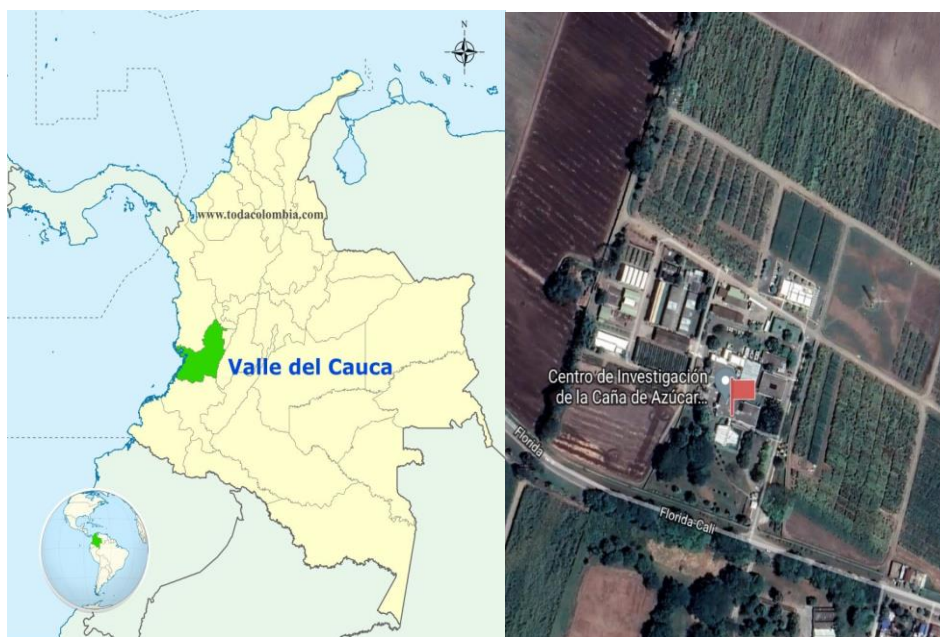
Localización

Estación experimental de Cenicaña-km 26 vía Cali-Florida.

El cual se encuentra ubicado en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Municipio de Florida, Valle del Cauca). Este corregimiento se localiza a 3° 21' de latitud norte, 76° 18' de longitud oeste, se encuentra a 1024 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 23.3 °C, precipitación media anual de 1141 mm y humedad relativa de 80% (Cenicaña, 2023).

Figura 2:

Imagen del Centro de Investigación en Valle del Cauca.



Fuente: Google Maps. (2023).

Variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Se seleccionó del semillero que se encuentra ubicado en hacienda castilla suerte 4, lotes propuestos para semillero básicos castilla, Cenicaña se encuentra ubicado en comodato, tres variedades de caña de azúcar comerciales para identificar porcentaje de germinación de la

semilla asexual en condiciones naturales, de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) CC 11-600, CC 05-430 Y CC 09-066.

Se Toma de cada variedad una muestra para realizar un diagnóstico de enfermedades y así garantizar la sanidad de la semilla. El muestreo se realizará al azar cubriendo la totalidad del lote, la edad de la semilla fue de 7 meses. (Figura 3)

El corte de la semilla se realiza a las variedades seleccionadas CC 11-600, CC 05-430 Y CC 09-066, y con su respectivo diagnóstico de enfermedades negativo. Esta labor se realiza en la hora de la mañana inicia con el corte de los tallos utilizando machetes desinfectados con una solución de yodo al 2%. En horas de la tarde se alza la semilla manual en bajones para evitar daños de las yemas, y se trasporta al área de multiplicación y propagación de variedades que se encuentra ubicada en las instalaciones de Cenicaña. (Figura 4)

Al día siguiente una persona se encarga descargar y colocar los tallos de la semilla en los caballetes o burros que están ubicados al lado de las máquinas de extracción.

La extracción de las yemas se realiza con cuatro personas capacitadas para realizar esta labor, en las máquinas extractoras las cuales consisten en un cortador cilíndrico giratorio que permite sacar los fragmentos individuales de 2.8 cm de diámetro formados por las yemas respectivas y un pequeño trozo del nudo. En forma manual, el operario va pasando cada yema por el cortador cilíndrico y descarta las que presentan daños mecánicos, senescencia y en mal estado por perforación de insectos barrenadores. (Figura 5)

Terminada labor de extracción de las yemas a las 3:30 PM se colocan las yemas en unas canastas grandes para realizar el tratamiento térmico esto se realiza para controlar enfermedades causadas por bacterias como el raquitismo de la soca y escaldadura de la hoja. Primero se deben realizar un pretratamiento de las yemas, que consiste en sumergirlas en agua caliente a 50°C

durante 10 minutos, y después de 8 a 12 horas de reposo se realiza el tratamiento con agua caliente a 51°C durante 1 hora. Después de que sale del tratamiento térmico se les realiza un choque térmico con agua ambiente para evitar que las yemas por el calor se sigan cocinando y puedan quemarse y afectar la germinación.

(Figura 6)

Se deja por 10 minutos en el tanque y se empieza a realizar la siembra de las yemas, en canastas plásticas (60*40*13 cm) se utiliza un sustrato de ceniza, residuo agroindustrial sólido resultante de la quema del bagazo en calderas del ingenio. Se coloca una base de 2cm de cama en la canasta, se siembran las yemas, las cuales quedan ubicadas 23 yemas a lo largo y 15 a lo ancho para un total de 345 yemas por canasta, se les aplica un fungicida preventivo para evitar el desarrollo de hongos y se cubren con 1 cm, de la misma ceniza, (Figura 7). Se ubican en las estructuras de germinación 10350 yemas por variedad CC 11-600, CC 05-430 Y CC 09-066 al día siguiente se le realiza el primer riego y durante todo el proceso de germinación el sustrato ha de mantener siempre húmedo, sin llegar al encharcamiento durante 21 días.

Se realiza el trasplante a los 21 días después de la siembra, en semilleros de 67 conos plásticos diseñados exclusivamente para la obtención de plantas de caña de azúcar, se utiliza suelo pasteurizado, se llena los panales con una medida específica de 3 cm y se ubica en las mesas para humedecer los panales y ubicar las plantas en cada orificio se coloca 67 plantas por panel, y se cubren con suelo y se llevan a terrazas. Después de 60 días las plantas están listas para ser llevadas al área final de siembra para establecimiento de semilleros, (Figura 8).

$$PG = [(N^{\circ} \text{ semillas germinadas}) / (N^{\circ} \text{ semillas sembradas})] \times 100.$$

De la variedad CC 09-066 se sembró 10350 yemas y germinó 5175 yemas.

$$5175/10350 \times 100 = 50\% \text{ de germinación.}$$

De la variedad CC 05-430 se sembró 10350 yemas y germino 5692 yemas.

$5692/10350 * 100 = 55\%$ de germinación.

De la variedad CC 11-600 se sembró 10350 yemas y germino 6210 yemas.

$6210/10350 * 100 = 60\%$ de germinación.

Con el ensayo vamos a comprobar la influencia de tres reguladores de crecimiento en la germinación de la semilla asexual de variedades de caña de azúcar, (*Saccharum officinarum*).

Figura 3:

Imagen



Figura 4:

Imagen



Figura 5:
Imagen extracción



Figura 6:

Imagen tratamiento térmico



Figura 7:

Imagen siembra yemas.



Figura 8:
Imagen trasplante a bandejas



Fuente: Autoría propia, 2023.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) (4) tratamientos y tres (3) repeticiones.

Descripción de los tratamientos

El factor para considerar en la investigación fue el impacto de los tres reguladores de crecimiento sobre la semilla de caña de azúcar por medio de yemas individuales, de las variedades CC 11-600, CC 05-430 Y CC 09-066. Empleando 4 tratamientos, incluido testigo absoluto sin aplicación. Estas aplicaciones se realizaron con base en las dosis recomendadas.

Tabla 3:

Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Reguladores de crecimiento y testigo	dosis	Cantidad de producto por tratamiento
1	Auxinas	1.5G/L	111cm*canastas
3	Giberelinas	0.2G/L	111cm*canastas
3	Citoquininas	2CM/L	111cm*canastas
4	Azimut	2.5CM/ L	111cm*canastas

Fuente: Elaboración propia. (2023).

Detalle de las unidades experimentales

Cada unida experimental se determinó por la división del área del ensayo donde se definieron las repeticiones para cada tratamiento. Cada unidad experimental conto 345 yemas por canasta.

La aplicación de los tratamientos se realizó por aspersión con una bomba espaldera royal cóndor en una total de 1.5g/l de auxinas, 0.2 g/l de Giberelinas, 2cm/l de citoquininas y 2.5 cm/l de azimut, y la cantidad total por cada tratamiento fue de 111cm por repetición.

Las respectivas evaluaciones de germinación se realizaron a los 10 y 21 días después de la siembra de la semilla de caña de azúcar por medio de yemas individuales.

Figura 9:
Distribución espacial de los tratamientos.

TOR1		T1R1	T2R1		T3R1
TOR2		T1R2	T2R2		T3R2
TOR3		T1R3	T2R3		T3R3
TOR1		T1R1	T2R1		T3R1
TOR2		T1R2	T2R2		T3R2
TOR3		T1R3	T2R3		T3R3
TOR1		T1R1	T2R1		T3R1
TOR2		T1R2	T2R2		T3R2
TOR3		T1R3	T2R3		T3R3

Fuente: Elaboración propia. (2023).

Análisis de la influencia de diferentes factores sobre la germinación de yemas de diversas variedades

Introducción

Con el fin de determinar cuál es la influencia de los reguladores aplicados a las yemas de diferentes variedades, se realizó dos análisis: El primero, consiste en evaluar mediante estadísticas

descriptivas la variabilidad de los datos dentro de cada tiempo evaluado. En el segundo análisis, se ajustó un modelo lineal generalizado mixto para cada tiempo de evaluación con variable respuesta (germinación) binaria, variables explicativas de factor fijo ‘tratamiento’ y ‘variedad’ y factor aleatorio ‘repetición’.

Análisis descriptivo

En la Tabla 5 se presentan algunos estadísticos descriptivos discriminando por el tiempo en que se realizó la evaluación, de acuerdo con la desviación estándar y la media de cada grupo, es posible intuir que el tiempo de evaluación en este caso específico no presenta una variación amplia en términos de media y desviación estándar.

Tabla 4:
Estadísticas descriptivas.

N	Mediana	Desv. est.	Media	Mínimo	Máximo
12420	1.000000 0	0.4755473	0.654 5089	0	1.000000 0
N	Mediana	Desv. est.	Media	Mínimo	Máximo
12420	1.000000 0	0.4590798	0.698 1481	0	1.000000 0

Fuente: Elaboración propia. (2023).

Análisis inferencial

Los modelos para evaluación 1 y 2 tienen las mismas variables explicativas, es decir:

$$\text{Germinación} = \mu + \text{tratamiento} + \text{variedad} + \text{tratamiento*variedad} + \text{error}$$

Factor aleatorio: repetición.

Evaluación 1

Teniendo en cuenta que germinación=1 es ‘si germinó’, el evento de interés con el cual se modeló fue que ‘si germinó’ (ver Tabla 6).

Tabla 5:
Información del modelo.

Información del nivel de clase			
Clase	Niveles	Valores	
tto	4	auxinas citoquininas giberelinas sin_regulador	
varie	3	CC 05-430 CC 09-066 CC 11-600	
N.º observaciones leídas			12420
N.º observaciones usadas			12420
Perfil de respuesta			
Valorordenado	germi		Frecuencia total
1	0		4291
2	1		8129
El procedimiento GLIMMIX está modelandola probabilidad de que germi='1'.			

Fuente: Elaboración propia. (2023).

A nivel general se evidenció (valor- $p < \alpha=0.05$) que existen diferencias estadísticas significativas en los dos factores evaluados y en la interacción de estos (ver Tabla 7).

Tabla 6:
Test de tipo III para efectos fijos.

Efecto	DF Num	DF Den	Valor F	Pr > F
varie	2	12407	544.88	<.0001
tto	3	12407	76.50	<.0001
tto*varie	6	12407	9.20	<.0001

Fuente: Elaboración propia. (2023).

Para el caso general entre variedades, se evidencia que la variedad CC 05-430 es la que presentó mejores resultados en germinación con respecto a CC 11-600 Y CC 09-066 (ver Tabla 8)

Tabla 7:*Agrupamiento Bonferroni para variedad $\alpha=0.05$.*

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente.		
varie	Estimación	
CC 05-430	1.4267	A
CC 11-600	1.0127	B
CC 09-066	-0.1247	C

Fuente: Elaboración propia. (2023).

En el caso de los inductores de germinación, el nivel citoquininas fue la que mayor germinación obtuvo, seguido por el nivel auxinas. De acuerdo con la Tabla 9, citoquininas es diferentes de todos los demás niveles al igual que auxinas; la pareja sin regulador Vs. Giberelinas no presentó diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 8:*Agrupamiento Bonferroni para tratamiento $\alpha=0.05$.*

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente		
tto	Estimación	
citoquininas	1.1981	A
auxinas	0.9349	B
sin_regulador	0.5352	C
		C
giberelinas	0.4181	C

Fuente: Elaboración propia. (2023).

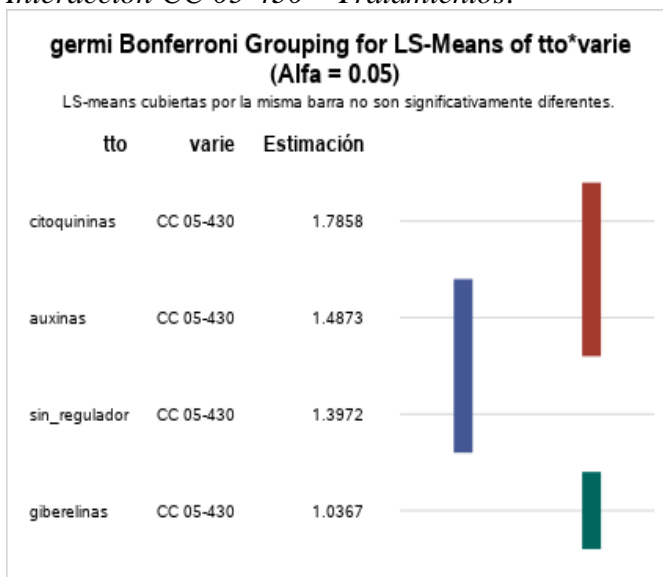
En la interacción de observó que, citoquininas presenta mejores resultados de germinación.

Sin embargo, hay casos particulares como (ver Figura 3, Figura 4 y Figura 5):

1. En CC 05-430 el efecto de las citoquininas y las auxinas son similares.
2. En CC 05-430 se evidencia que las giberelinas es la menos eficiente para la germinación.
3. En CC 05-430 el efecto de las auxinas y sin regulador es igual.
4. En CC 09-066 hay diferencias entre todos los niveles, siendo las citoquininas la de mayor germinación y sin regulador la de menor germinación.
5. En CC 11-600 el efecto de las citoquininas y las auxinas son iguales. Adicionalmente, son las de mejor resultados. La de peor resultado fue las auxinas.

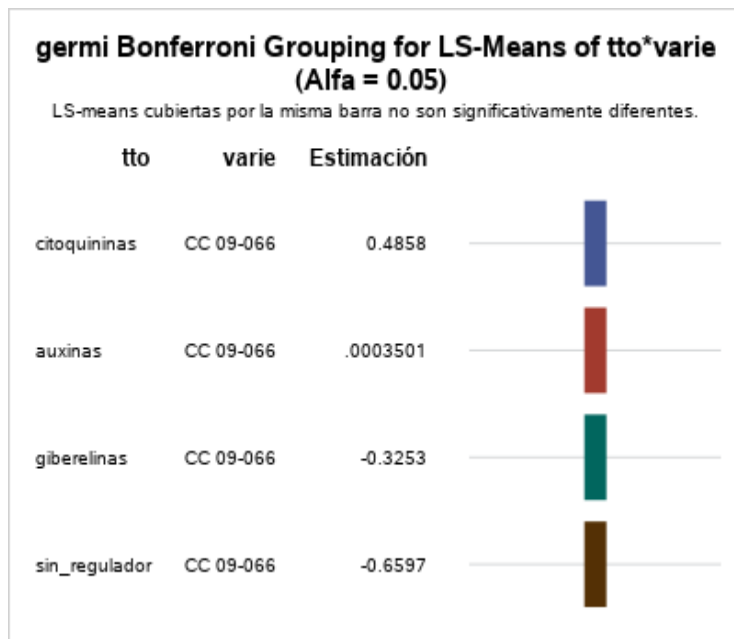
Figura 10:

Interacción CC 05-430 – Tratamientos.



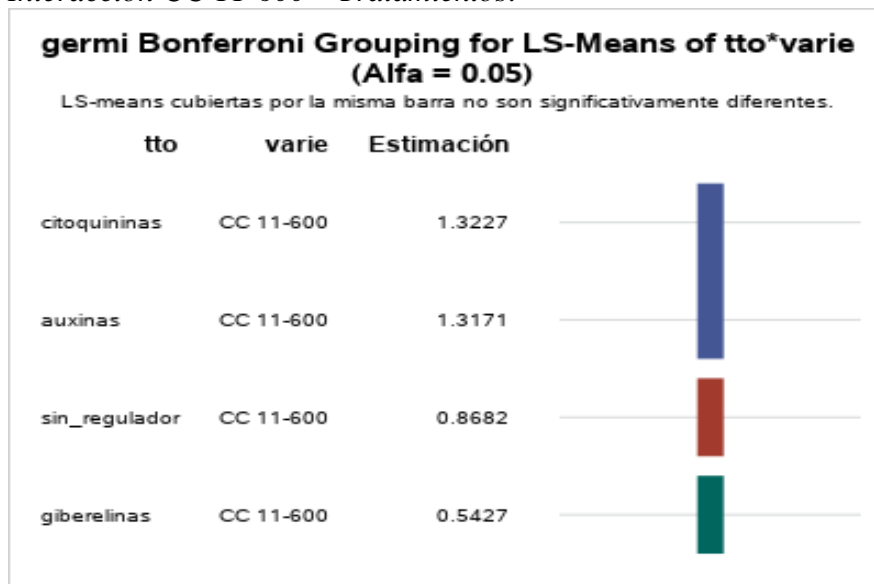
Fuente: Datos de la investigación. (2023).

Figura 11:
Interacción CC 09-066 – Tratamientos.



Fuente: Datos de la investigación. (2023).

Figura 12:
Interacción CC 11-600 – Tratamientos.



Fuente: Datos de la investigación. (2023).

Evaluación 2

Tabla 4:
Información del modelo.

Información del nivel de clase		
Clase	Niveles	Valores
tto	4	auxinas citoquininas giberelinas sin_regulador
varie	3	CC 05-430 CC 09-066 CC 11-600
N.º observaciones leídas		12420
N.º observaciones usadas		12420
Perfil de respuesta		
Valorordenado	germi	Frecuencia total
1	0	3749
2	1	8671
El procedimiento GLIMMIX está modelandola probabilidad de que germi='1'.		

Fuente: Elaboración propia. (2023).

En el caso de la evaluación 2 también se encontraron diferencias estadísticamente significativas a nivel general (ver Tabla 11).

Tabla 5:
Test de tipo III para efectos fijos.

Efecto	DF Num	DF Den	Valor F	Pr > F
varie	2	12407	468.78	<.0001
tto	3	12407	56.39	<.0001
tto*varie	6	12407	6.91	<.0001

Fuente: Elaboración propia. (2023).

A nivel de variedad, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos los casos (ver Tabla 12). La variedad CC 05-430 fue quien obtuvo los mejores resultados en germinación.

Tabla 6:
Agrupamiento Bonferroni para variedad $\alpha=0.05$.

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente		
varie	Estimación	
CC 05-430	1.5210	A
CC 11-600	1.1986	B
CC 09-066	0.08191	C

Fuente: Elaboración propia. (2023).

Para tratamiento, nuevamente el nivel citoquininas fue el que presentó mejores resultados seguido por el nivel auxinas. Adicionalmente, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el nivel sin regulador y el nivel giberelinas (ver Tabla 13).

Tabla 7:
Agrupamiento Bonferroni para tratamiento $\alpha=0.05$.

LS-medias con la misma letra no son significativamente diferente		
tto	Estimación	
citoquininas	1.3608	A
auxinas	1.0179	B
sin_regulador	0.6981	C
		C
giberelinas	0.6586	C

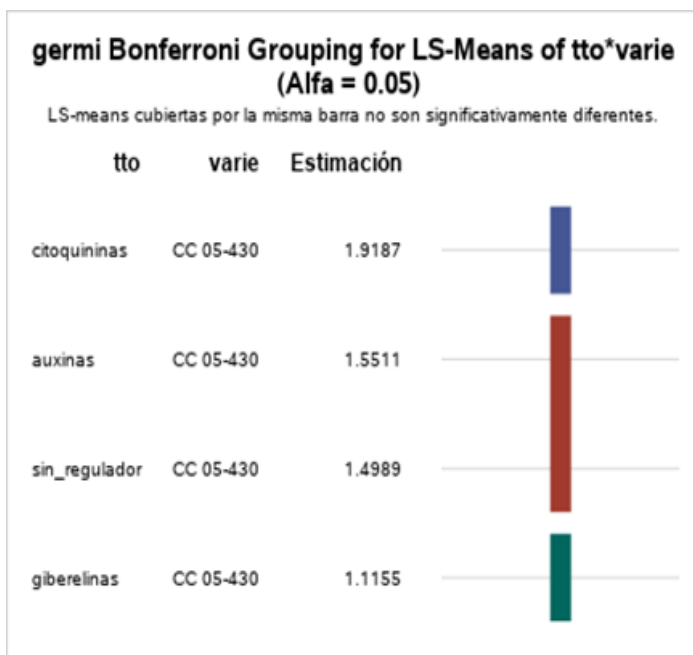
Fuente: Elaboración propia. (2023).

En este nivel de evaluación se observan diferencias más marcadas en la interacción. De las Figura 6, Figura 7 y Figura 8 se concluye que:

1. En CC 05-430 las citoquinas es el nivel de mejores resultados, no se evidenció diferencias estadísticamente significativas entre auxinas y sin regulador. El nivel con el peor resultado fue giberelinas.
2. En CC 09-066 las citoquinas fue el nivel con mejores resultados seguido por el nivel auxinas. Adicionalmente, no se evidencias diferencias significativas entre el nivel sin regulador y el nivel giberelinas.
3. En CC 11-600 se generó dos grupos grandes en donde, los niveles citoquinas y auxinas son los que mejores resultados obtuvieron. Los niveles giberelinas y sin regulador son los que obtuvieron los peores resultados.

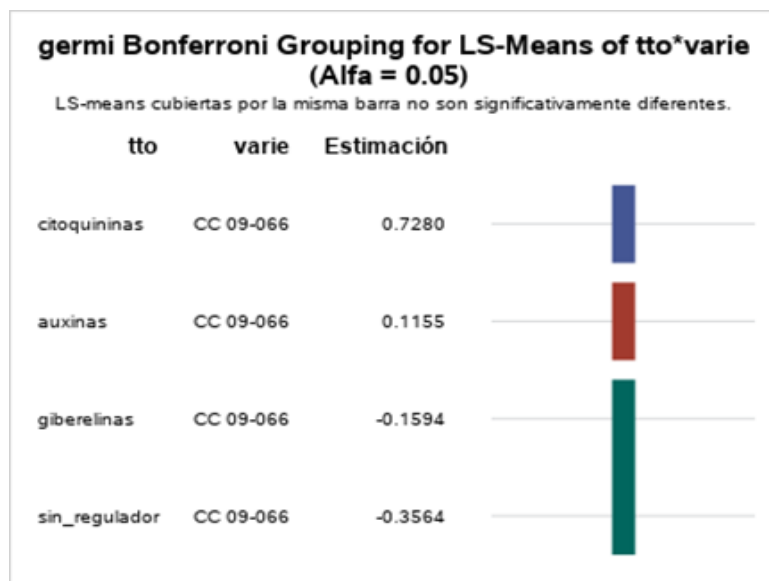
Figura 13:

Interacción CC 05-430 – Tratamientos.



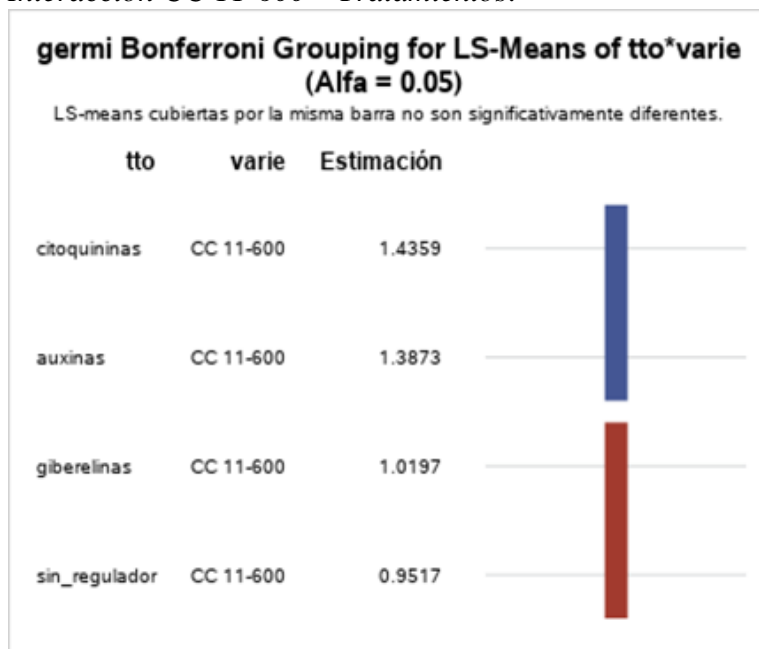
Fuente: Datos de la investigación. (2023).

Figura 14:
Interacción CC 09-066 – Tratamientos.



Fuente: Datos de la investigación. (2023).

Figura 15:
Interacción CC 11-600 – Tratamientos.



Fuente: Datos de la investigación. (2023).

Conclusiones

Con la aplicación de los tres reguladores de crecimiento con el fin determinar cuál es la influencia de los reguladores en la germinación de yemas individuales Se pudo observar que la citoquinina fue la que mejor resultado tuvo.

Las auxinas también tuvieron un buen resultado en la germinación de las yemas siendo las giberelinas la de menor influencia en la germinación.

La influencia de los reguladores de crecimiento en las tres variedades fue las citoquininas teniendo un mejor comportamiento en la germinación de la semilla de caña de azúcar por medio de yemas individuales.

Recomendaciones

Es importante la aplicación de los reguladores de crecimiento Citoquininas a la semilla de caña de azúcar por medio de yemas individuales ya que tiene una influencia significativa en la germinación de las yemas incrementando su germinación.

Seguir realizando experimentos con otras variedades de caña de azúcar con las auxinas y las giberelinas para mirar la influencia que pueden tener con la semilla.

Referencias Bibliográficas

Asociación de productores de azúcar de honduras.

<https://twitter.com/AzucarHonduras/status/992499287308341249?s=20>

Auxinas, Giberelinas y Citoquininas. Red de información y comunicación del sector

Agropecuario Colombiano - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018).

Barceló Coll J., Nicolás Rodrigo G., Sabater García B. y Sánchez Tamés R. (2001).

Fisiología vegetal. Ed. Pirámide, Madrid.

Cárdenas J., Álvarez J., Barragán Q., Rivera M., (2010) Efecto del ácido giberélico y la

6-bencilaminopurina sobre el desarrollo de yemas en injertos de cacao

(Theobroma cacao L.) Agronomía Colombiana, vol. 28, núm. 1, enero-abril,

2010, pp. 19-27

Castillo O., et al., (2004) Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de

azúcar en Ecuador [recurso electrónico].

Condemarín C., Chico J., Vargasartea C., (2007) Efecto del ácido indolbutírico (iba) y

6-bencilaminopurina (bap) en el desarrollo in vitro de yemas axilares de encyclia

microtos (rchb.f.) hoehne (ORCHIDACEAE) Lankesteriana International Journal

on Orchidology, vol. 7, núm. 1-2, marzo, 2007, pp. 247-254.

Davies, P.J (1995). Plant hormone; Physiology, biochemistry and molecular biology.

Dordrecht; Kluwer.

Imagen: Eduardo R. Romero, Jorge Scandaliaris, Patricia A. Digonzelli, M. Fernanda

Leggio Neme, Juan A. Giardina, Juan Fernández de Ullivarri, Sergio D. Casen,

M. Javier Tonatto, Luis G. P. Alonso. La caña de azúcar, características y

ecofisiología.

*Hill, T.A (1984). Hormonas reguladoras del crecimiento Vegetal. Edición omega.
Barcelona.*

Apéndices

Apéndice A

Fotografías de Materiales, tratamientos y zona agroecológica

Muestreo foliar



Corte semilla



Extracción yemas



Tratamiento



Siembra Yemas



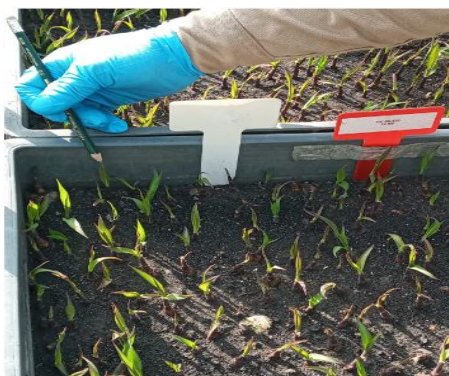
Aplicación Tratamientos



Ubicación en



Primera evaluación a los 10 días



Segunda evaluación a los 21 días

