

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
CAMPUS SUR
FACULTAD DE INGENIERIA



Aplicación de bioestimulantes para acelerar el proceso de germinación de semilla para resiembra en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el municipio de Tiquisate.

Trabajo de graduación presentado por Cristian Alexis Tzunux Martínez para optar al grado académico de Licenciado en Tecnología Agrícola y Pecuaria

Guatemala

2019

Aplicación de bioestimulantes para acelerar el proceso de germinación de semilla para resiembra en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el municipio de Tiquisate.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
CAMPUS SUR
FACULTAD DE INGENIERIA



Aplicación de bioestimulantes para acelerar el proceso de germinación de semilla para resiembra en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el municipio de Tiquisate.

Trabajo de graduación presentado por Cristian Alexis Tzunux Martínez para optar al grado académico de Licenciado en Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala

2019

Vo. Bo.:

(f) 
Ing. José Álvaro Ruiz Marroquín
Asesor

Tribunal Examinador

(f) 
Ing. José Álvaro Ruiz Marroquín
Asesor

(f) 
Ing. Susana Abigail García Escobar
Directora Académica

(f) 
Ing. Claudia María Meléndrez García
Evaluadora

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de Diciembre 2019 ✓

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| LISTADO DE CUADROS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivo general | 2 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| III. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| IV. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 4.1 Origen de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) | 4 |
| 4.2 Clasificación botánica de la caña de azúcar | 4 |
| 4.3 Descripción botánica | 4 |
| 4.3.1 Descripción de la variedad CP 72 2086..... | 5 |
| 4.4 Requerimientos del cultivo..... | 6 |
| 4.5 Fenología del cultivo de la caña de azúcar..... | 7 |
| 4.5.1 Período de germinación | 7 |
| 4.5.2 Período de crecimiento | 8 |
| 4.5.3 Período de desarrollo | 8 |
| 4.6 Uso de bio estimulantes..... | 9 |
| 4.7 Establecimiento y renovación del cultivo de caña de azúcar | 9 |
| V. METODOLOGÍA | 12 |
| 5.1 Generalidades | 12 |
| 5.2 Ubicación y localización | 12 |
| 5.3 Materiales para la aplicación de bioestimulantes..... | 14 |
| 5.4 Diseño experimental..... | 16 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.5 | Modelo estadístico..... | 16 |
| 5.6 | Parcela experimental y unidad experimental..... | 16 |
| 5.7 | Croquis | 16 |
| 5.8 | Tratamientos evaluados | 17 |
| 5.9 | Toma de datos | 17 |
| 5.10 | Variables respuesta..... | 17 |
| 5.10.1 | Altura de tallo (22, 45 y 90 ddr) | 17 |
| 5.10.2 | Diámetro (22, 45 y 90 ddr) | 17 |
| 5.10.3 | Germinación de yemas..... | 18 |
| 5.10.4 | Análisis de costos parciales..... | 18 |
| 5.11 | Análisis de información | 18 |
| 5.12 | Instrumentos | 18 |
| VI. | RESULTADOS Y ANÁLISIS | 19 |
| 6.1 | Variable altura | 19 |
| 6.1.1 | Altura de tallos a los 22 días | 19 |
| 6.1.2 | Altura de tallos a los 45 días | 20 |
| 6.1.3 | Altura de tallos a los 90 días | 22 |
| 6.2 | Variable diámetro | 24 |
| 6.2.1 | Diámetro de tallos a los 22 días | 24 |
| 6.2.2 | Variable diámetro de tallos a los 45 días | 26 |
| 6.2.3 | Diámetro de tallos a los 90 días | 27 |
| 6.3 | Germinación de yemas a los 22 días | 30 |
| 6.4 | Análisis de los costos de los tratamientos | 31 |
| VII. | CONCLUSIONES | 33 |
| VIII. | RECOMENDACIONES..... | 34 |
| IX. | Bibliografía | 35 |

LISTADO DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Descripción de las partes de la caña de azúcar | 6 |
| Cuadro 2. Requerimientos edáficos, nutricionales y climáticos..... | 7 |
| Cuadro 3. Descripción de los bioestimulantes que se utilizaron en cada tratamiento | 18 |
| Cuadro 4. Análisis de varianza de la altura de tallos a los 22 días | 20 |
| Cuadro 5. Altura de tallos a los 22 días | 20 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza de la altura de tallos a los 45 días..... | 21 |
| Cuadro 7. Altura de tallos a los 45 días..... | 22 |
| Cuadro 8. Análisis de varianza de la altura de tallos a los 90 días | 23 |
| Cuadro 9. Altura de tallos a los 90 días | 23 |
| Cuadro 10. Análisis de varianza del diámetro de tallos a los 22 días | 25 |
| Cuadro 11. Diámetro de tallos a los 22 días | 26 |
| Cuadro 12. Análisis de varianza del diámetro de tallos a los 45 días | 27 |
| Cuadro 13. Diámetro de tallos a los 45 días | 27 |
| Cuadro 14. Análisis de varianza de diámetro de tallos a los 90 días | 28 |
| Cuadro 15. Diámetro de tallos a los 90 días | 29 |
| Cuadro 16. Análisis de varianza de la germinación de yemas a los 22 días | 31 |
| Cuadro 17. Germinación de yemas a los 22 días | 31 |
| Cuadro 18. Costos/ha de los tratamientos | 32 |
| Cuadro 19. Costos/Biometría de los tratamientos..... | 33 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Plano general de finca Verapaz | 12 |
| Figura 2. Ubicación lote y pante donde se realizó el ensayo | 13 |
| Figura 3. Croquis de la distribución de tratamientos | 16 |
| Figura 4. Altura de tallos a los 22 días..... | 23 |
| Figura 5. Altura de tallos a los 45 días..... | 232 |
| Figura 6. Altura de tallos a los 90 días..... | 234 |
| Figura 7. Altura de tallos a los 22,45 y 90 días de cada tratamiento | 235 |
| Figura 8. Diámetro de tallos a los 22 días..... | 236 |
| Figura 9. Diámetro de tallos a los 45 días..... | 238 |
| Figura 10. Diámetro de tallos a los 90 días..... | 239 |
| Figura 11. Diámetro de tallos a los 22,45 y 90 días de cada tratamiento..... | 30 |

RESUMEN

En finca Verapaz se efectúa la práctica de resiembra en el manejo de caña de azúcar para mantener una densidad de población adecuada. En el 2018 la población de caña se disminuyó en algunos lotes y pantes afectando los rendimientos en toneladas de caña por hectárea, aumentando los tiempos de producción por las resiembras y provocando mayores costos de manejo operacional.

Con la implementación de las aplicaciones de bioestimulantes en la resiembra de caña de azúcar se busca mejorar los rendimientos en campo debido a la reducción del efecto de competencia por luz y espacio de las plántulas recién germinadas respecto a la plantación establecida. Con el aumento de la vigorosidad y germinación de la semilla de resiembra se reducirán los tiempos que se ocupan en repoblar las plantaciones en las áreas donde la germinación de la semilla sembrada no es adecuada o en los lotes donde la caña no rebrotó después del corte mecanizado.

La aplicación de bioestimulantes se realizó en finca Verapaz en el lote 3705 pante No. 258; con la aprobación y apoyo directo del departamento agrícola. El proyecto consistió en la aplicación de 6 tratamientos y 5 repeticiones en la resiembra de caña de azúcar. El objetivo fue documentar la aplicación de bioestimulantes, efectuar un análisis estadístico y gráfico comparativo de la información obtenida; con los que se encontró un tratamiento que aceleró la germinación de yemas de la resiembra y la vigorosidad de las plántulas de caña de azúcar.

I. INTRODUCCIÓN

Finca Verapaz cuenta con una plantación de aproximadamente 1189.01 ha con el cultivo de caña de azúcar en la región oeste del municipio de Tiquisate, Escuintla en suelos francos arcillosos y un clima tropical según CENGICAÑA 2016; pertenece al Ingenio Pantaleón.

Se empezó a realizar aplicaciones con bioestimulantes al momento de la resiembra para mejorar el desarrollo de la plántula en vigorosidad y germinación de las yemas debido a la reducción del efecto de competencia por luz y espacio de las plántulas recién germinadas respecto a la plantación establecida. Con el aumento de la altura, diámetro y mejora en la germinación de la semilla de resiembra. El paso de cosecha mecanizada ha provocado despoblación en campo por lo que se hace necesario la resiembra.

En la investigación se estudiaron las variables biométricas de altura, diámetro, brotación de yemas y costos de los tratamientos; debido a factores económicos, tecnológicos y de tiempo el análisis se realizó durante los 90 días después de la resiembra de caña de azúcar, no se estudiaron los datos de temperatura, precipitación y desarrollo radicular. La parcela de investigación recibió un manejo integral de plagas, control de malezas y fertilización de la misma forma que la planificación que se aplica en la finca de administración Verapaz.

Con la aplicación de bioestimulantes en aspersión e inmersión de la semilla de resiembra se aseguró la brotación de las yemas, estimulo la vigorosidad de la planta, provocando un aumento en altura y diámetro hasta los 90 días después de la resiembra; se aumentó con ello los rendimientos biométricos de altura, diámetro y brotación optimizando los costos de operación en la administración de finca Verapaz y otras fincas ubicadas en la región.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el uso de bioestimulantes en la resiembra en el cultivo de caña de azúcar en finca Verapaz.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar y efectuar un análisis económico de los costos de las aplicaciones de bioestimulantes en la resiembra de caña de azúcar para seleccionar el tratamiento con mejor relación beneficio-costos
- Analizar la germinación de yemas en los 6 tratamientos con bioestimulantes en la resiembra.
- Comparar la biometría de las plántulas de resiembra en altura y diámetro hasta 90 días después de la resiembra

III. JUSTIFICACIÓN

La resiembra del cultivo de caña de azúcar, tipo comercial, variedad CG02-163 en finca Verapaz se está realizando de forma tardía después de los 30 días de la cosecha mecanizada. La resiembra es una labor cuyo parámetro en días se debe de realizar del día 0 después de la cosecha mecanizada, hasta el día 30. Esto provoca problemas debido al efecto de competencia por luz y agua porque la plantilla tiene mayor altura y las yemas de la resiembra se quedan pequeñas. El paso de la cosecha mecanizada ha provocado despoblación en el cultivo por lo que se hace necesaria la resiembra.

Con la finalidad de mejorar la vigorosidad de las plántulas en resiembra y reducir los tiempos y costos de operación en la germinación en el cultivo de caña de azúcar se implementó la aplicación de bioestimulantes en la soca en finca Verapaz. La aplicación de bioestimulantes en aspersión o inmersión en la semilla de la resiembra mejoro la brotación de las yemas, estimulando la vigorosidad de la planta provocando un aumento en la altura y diámetro en los 90 días después de la aplicación; también se mejoraron los rendimientos en campo y se redujeron los costos de operación del departamento agrícola en zona Verapaz y otras fincas de la industria ubicadas en el mismo estrato altitudinal.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Origen de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar es nativa de las regiones del trópico y subtropical de Asia. Alejandro Magno, fue quien la obtuvo en India y la introdujo en Persia; los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto. A finales del siglo XV Cristóbal Colon la llevo a las islas del Caribe, de allí fue llevada hacia América (Metcalf y Flin, 1982).

4.2 Clasificación botánica de la caña de azúcar

| | |
|----------|----------------------|
| Reino | Vegetal |
| División | Tracheophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Poales |
| Familia | Poaceae |
| Género | Sacharum L. |
| Especie | <i>Sacharum spp.</i> |

(Integrated Taxonomic Information System ITIS, 2010)

4.3 Descripción botánica

En el siguiente cuadro se describen las partes de la caña de azúcar y sus funciones principale

| Descripción | Información relevante | Autor |
|--------------------|--|--------------------------------|
| Raíces | Función de anclaje, absorción de agua y nutrientes raíces primordiales y permanentes | Súbiros, 1995 |
| Tallo | Se origina de las yemas de los rizomas constituye la parte de valor económico debido a que almacena los azúcares Forma cepas constituidas por tallos primarios y secundarios | Tejeda, 1993 Peña, 1997 |
| Hoja | Tiene bordes duros y aserrados La planta puede tener de 12 a 15 hojas de color verde | Súbiros, 1995 |
| Yema | Constituida por tejido meristemático Es el órgano vegetativo de la planta | Hernández, 2007 |
| Floración | Demanda gran cantidad de agua Indeseable en la producción industrial | Andrews y Quezada, 1989 |

Cuadro 1. Descripción de las partes de la caña de azúcar

4.3.1 Descripción de la variedad CP 72 2086

Es la más predominante en el sector cañero de Guatemala, es la que más se cultiva en Ingenio La Unión cuenta con 13,795 hectáreas sembradas y es la más utilizada representando el 70% del área sembrada (González, 2012).

Según González (2012) “tiene color amarillo verdoso, buen vigor y cierre de calles. Es muy florecedora y de fácil corte, con buen retoño y se adapta a todo tipo de suelos, aunque su rendimiento merma en suelos profundos y arenosos. Es de maduración temprana, por lo que se recomienda la siembra y cosecha en el periodo de noviembre a febrero”. Se han obtenido resultados de 116.39 toneladas de caña por hectárea y 94.34 kilogramos de azúcar por tonelada. (González 2012)

4.4 Requerimientos del cultivo

| Requerimientos del cultivo | Información relevante | Autor |
|----------------------------|---|--------------|
| Edáficos | Necesita de suelos sueltos, profundos y fértiles No se recomienda en suelos franco-limosos ni limosos Se adapta a suelos con pH entre 4 y 8.3 | Chaves, 2002 |
| Nutricionales | relativamente tolerante a aluminio La extracción de nutrientes en kg / Tm 0.93 N, 0.62 P, 1.98 K, 0.48 Ca, 0.41 Mg, 0.87 S y 1.99 si | |
| Climáticos | Mejor desempeño a altitudes desde 0 a 1,000 msnm Temperatura óptima de 24 grados centígrados Precipitación de 1,500 mm anuales | Peña, 1997 |

Cuadro 2. Requerimientos edáficos, nutricionales y climáticos

4.5 Fenología del cultivo de la caña de azúcar

Según Ellis y Lakford (1991), el crecimiento de la caña de azúcar está dividido en tres fases: germinación o macollamiento, elongación o rápido crecimiento de los tallos y maduración. La fase de crecimiento comprende desde el momento en que da inicio la germinación, hasta el despegue de la tasa de crecimiento, lo cual sucede entre dos o tres meses de edad, aunque si las condiciones de humedad son adversas pudieran llegarse a prolongar. Para la fase de elongación consideran que da inicio entre dos y tres meses y puede llegar hasta los nueve o diez meses, lo cual dependerá del régimen de lluvia y de la variedad y para la fase de maduración inicia aproximadamente a los nueve o diez meses de edad, para que se obtenga una buena maduración, la humedad debe bajar a un 73-75% en la parte superior de la planta.

4.5.1 Período de germinación

La fase de germinación se extiende desde el trasplante hasta la completa germinación de las yemas; bajo condiciones de campo la germinación comienza a los 7-10 días y se extiende hasta los 30-35 días. En la caña de azúcar la germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas, las yemas son influenciadas por factores externos e internos (NETAFIM, 2015).

La velocidad en la germinación y desarrollo de la yema se reduce a temperaturas del suelo inferiores a 18°C y cuando esta es menor de 6°C, el desarrollo prácticamente cesa. Estas condiciones en un suelo con un alto contenido de humedad (70-80% de su capacidad de campo) favorece el deterioro de la yema por el ataque de patógenos específicos existentes en el suelo o en la propia semilla (Sánchez, 1992).

La temperatura óptima del suelo para el desarrollo de la caña se encuentra comprendida entre 18° y 32°C, siempre y cuando la capacidad de humedad de campo no sea menor de 40 al 50%. Lo anterior favorece la germinación de la yema y el establecimiento del sistema radicular permanente de la cepa o rizoma de la caña (Sánchez, 1992).

Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo, por otra parte, los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional. La temperatura mínima para la germinación es de 12 °C. Un suelo cálido y húmedo asegura una rápida germinación, esta produce una mayor respiración y por eso, es importante tener una buena aireación del suelo. Por esta razón, los suelos abiertos, bien estructurados y porosos permiten una mejor germinación; bajo condiciones de campo una germinación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña, otro factor importante es la aeración del suelo y que éste no esté compactado al momento de la germinación (NETAFIM, 2015).

4.5.2 Período de crecimiento

Dentro del ciclo vegetativo de la caña, el crecimiento representa un aumento en su masa, aun cuando este se manifieste inicialmente en forma de un desarrollo lento o imperfecto en las zonas de temporal, por carencia de humedad en el suelo (Sánchez, 1992).

4.5.3 Período de desarrollo

El término corresponde a una serie de transformaciones de tipo morfológico y fisiológico que ocurren en la planta y marcan con una solución de continuidad, la evolución que la caña sufre a partir de la germinación hasta que alcanza su maduración completa. El clima y los factores que intervienen tales como temperatura, luminosidad insolación, humedad relativa y capacidad de campo del suelo cultivado, determinan el desarrollo y producción de la cosecha. (germinación, cierre del surco, sazonado y formación de tonelaje; sazonado maduración), (Sánchez, 1992).

El manejo que se le dé a la semilla al momento del corte, también puede ser un factor que afecte la germinación. La semilla puede sufrir de daño mecánico, daño de corte, o un leve raspado en el lugar de la yema, esto en su momento puede también afectar la germinación o el número de tallos por metro lineal. Cuando la semilla va a ser sembrada se debe tener un cuidado muy especial, que esta no lleve exceso de basura para que no tenga

un obstáculo al momento de la emergencia, y que la semilla al momento de ser trasladada no se dañe porque las yemas son un tanto frágiles (NETAFIM, 2015).

4.6 Uso de bio estimulantes

Los bioestimulantes se definen como aquellos productos que son capaces de incrementar el desarrollo, producción y/o crecimiento de los vegetales. Otros autores los definen como fertilizantes líquidos que ejercen funciones fisiológicas al aplicarlos a los cultivos, así como, son moléculas biológicas que actúan potenciando determinadas expresiones metabólicas y/ o fisiológicas de las plantas (Gallardo, 1,998).

Según Liman (2000), los bioestimulantes se emplean para incrementar la calidad de los vegetales activando el desarrollo de diferentes órganos (raíces, frutos, hojas, entre otros) y reducir los daños causados por el stress (fitosanitarios, enfermedades, frío, calor, entre otros). Determinan una mayor actividad enzimática y metabólica a las plantas, lo que se traduce en una estimulación de los procesos bioquímicos ligados a la productividad y calidad de las cosechas.

Para Núñez (1,998) los bioestimulantes activan, sin alterar los procesos naturales del metabolismo de las plantas. Su forma de actuar se concreta básicamente en dos formas que son: 1. Aumenta el nivel de prolina, este aumento se produce en el interior de las plantas proporcionándole una mayor defensa frente a los estados de estrés, bien sea hídrico, térmico, por enfermedad o plaga entre otros. Proporcionando grupos tiónicos (-SH) a la planta 2. La expresión externa de esta potenciación se traduce en un efecto benéfico sobre:

- a. La producción, con incrementos de la cosecha acompañados de una mejor calidad de los frutos y de

otros aspectos relacionados con los mismos como coloración, tersura de la piel, uniformidad y aumento de tamaño, menor pérdida de peso pos-cosecha, entre otros. La vegetación, proporcionando un mejor desarrollo vegetativo y mayor vigor en las brotaciones, así como un aumento de la masa radicular.

4.7 Establecimiento y renovación del cultivo de caña de azúcar

Rosales y Orozco (2017) describen que en el diseño de campo se deben considerar todos los aspectos sobre fomento de conservación de la biodiversidad en zonas destinadas

a este fin, como corrientes naturales de agua, quíneles, linderos y otros. Usualmente el inicio del cultivo de caña o la renovación de campos para la producción incluye el uso de maquinaria para el suelo. Iniciar el cultivo tiene un impacto en las condiciones del suelo ya que lo exponen a la erosión eólica o hídrica y a la compactación. El uso de la labranza de conservación o labranza mínima es básico para minimizar los efectos o impactos en la estructura original del suelo.

Siembra: se refiere a la acción de colocar el material propagativo de la caña de azúcar en el surco para su posterior emergencia y desarrollo. Es imperativo realizar esta actividad de la forma más apropiada posible debido a los altos costos de establecimiento de una plantación en campos nuevos o de la renovación en campos ya dedicados al cultivo de la caña de azúcar (Rosales y Orozco, 2017).

Selección de la variedad y producción de la “caña-semilla”: la selección de la variedad de caña de azúcar es crítica. El conocimiento de las características agronómicas, de jugos y resistencia a plagas y enfermedades o resistencia de los cultivares al estrés abiótico es fundamental. Debe seleccionarse el cultivar que mejor se adapte al área que se pretende cultivar con caña de azúcar. Debido a la importancia de este tema, el Programa de Variedades de CENGICAÑA realiza grandes esfuerzos conjuntamente con los equipos de producción de los ingenios asociados, para recomendar la variedad de caña de azúcar con mayor probabilidad de éxito para el área a renovar. Para cada ingenio se han generado los planes varietales con los materiales que pueden cultivarse de acuerdo a la época del año en que se haya planificado el corte, condiciones edafológicas del área y potenciales problemas por enfermedades. Por lo tanto, debe hacerse acopio de los trabajos de planificación conjunta para seleccionar con más propiedad, el cultivar de caña de azúcar más recomendable para el área a renovar (Rosales y Orozco, 2017).

Preparación de la “caña-semilla”: Rosales y Orozco (2017) indican únicamente algunas condiciones generales para tener semilla de buena calidad. Estas buenas condiciones se alcanzan al cortar el material propagativo a edades tempranas y solamente de plantaciones en primer ciclo (plantía). La edad de corte adecuada dependerá de la variedad y va desde los seis meses después de la siembra hasta los nueve. La caña-semilla debe provenir de semilleros de buena calidad o de plantaciones hechas con el único fin

de producir material propagativo. Cuando sea necesario, según el conocimiento del área de producción, el material propagativo debe ser tratado con un fungicida apropiado con el fin de prevenir enfermedades propias del suelo. La caña-semilla típica la constituyen esquejes de no más de 60 cm de largo, con tres o cuatro yemas de buena calidad en cada esqueje. Pueden utilizarse variantes en la preparación de la caña-semilla con diferentes longitudes de los esquejes. La caña semilla a ser empleada debe incluir dos condiciones: pureza varietal (conformidad genética) y pureza sanitaria.

Siembra manual: la siembra debe considerar los siguientes aspectos: ubicación de los esquejes a la profundidad correcta, adecuada densidad, apropiado traslape entre esquejes y tapado apropiado. Varios de estos aspectos fueron considerados anteriormente. Actualmente en Guatemala la siembra se realiza de forma manual, predominantemente (Rosales y Orozco, 2017).

Resiembras: es necesario contar con material propagativo que sirva de respaldo y permita una labor rápida de resiembra en caso se presenten problemas en la brotación, por razones fuera del alcance de manejo, durante o después de la siembra. Esta práctica ayudará notablemente a reducir el impacto de erosión de los suelos y en consecuencia limitará el impacto ambiental del cultivo (Rosales y Orozco, 2017).



Figura 2. Ubicación lote y pante donde se realizó el ensayo

5.3 Materiales para la aplicación de bioestimulantes

Para la aplicación de bioestimulantes se utilizaron los siguientes materiales:

Semilla de caña para resiembra distribuida por parcelas

Mezclas de bioestimulantes que se describen a continuación

| Tratamiento | Mano de obras y materiales | Dosis por hectárea | Costo por unidad en quetzales | Costo por hectárea en quetzales |
|---|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Radix+Biorradicante (Asperjado) | Radix | 26 Gr | Q280.00 | Q140.00 |
| | Biorradicante | 1 litro | Q207.00 | Q207.00 |
| | Mano de Obra | - | - | 90.25 las 8 horas |
| Caldo Pantaleon (Inmersión 15 Min. R+B) | Biofosforo | 2 litros | Q54.09 | Q108.18 |
| | Carbono | 2 litros | Q34.48 | Q68.97 |
| | Trichoderma | 0.01 Kilogramos | Q101.60 | Q1.02 |
| | Nematodos | 6 Esponjas | Q26.86 | Q161.17 |
| | Bacterias Bio | 3 Litros | Q32.56 | Q97.68 |
| | Baterias Promotoras de crecimiento | 0.5 litros | Q32.56 | Q16.28 |
| | Baterias Degradadoras | 0.01 litros | Q32.56 | Q0.33 |
| | Radix | 26 Gr | Q280.00 | Q140.00 |
| | Biorradicante | 1 litro | Q207.00 | Q207.00 |
| | Mano de Obra | - | - | 90.25 las 8 horas |
| Caldo Pantaleon (Inmersión 30 Min. R+B) | Carbono | 2 litros | Q34.48 | Q68.97 |
| | Trichoderma | 0.01 litros | Q101.60 | Q1.02 |
| | Nematodos | 6 | Q26.86 | Q161.17 |
| | Bacterias Bio | 3 | Q32.56 | Q97.68 |
| | Baterias Prom | 0.5 | Q32.56 | Q16.28 |
| | Baterias Degradadores | 0.01 | Q32.56 | Q0.33 |
| | Radix | 0.5 | Q280.00 | Q140.00 |
| | Biorradicante | 1 litro | Q207.00 | Q207.00 |
| | Mano de Obra | - | - | 90.25 las 8 horas |
| Caldo Pantaleon (Inmersión 45 Min. R+B) | Biofosforo | 2 litros | Q54.09 | Q108.18 |
| | Carbono | 2 litros | Q34.48 | Q68.97 |
| | Trichoderma | 0.01 litros | Q101.60 | Q1.02 |
| | Nematodos | 6 | Q26.86 | Q161.17 |
| | Bacterias Bio | 3 | Q32.56 | Q97.68 |
| | Baterias Prom | 0.5 | Q32.56 | Q16.28 |
| | Baterias Degradadores | 0.01 | Q32.56 | Q0.33 |
| | Radix | 0.5 | Q280.00 | Q140.00 |
| | Biorradicante | 1 litro | Q207.00 | Q207.00 |
| | Mano de Obra | - | - | 90.25 las 8 horas |
| Caldo Pantaleon Asperjado | Biofosforo | 2 litros | Q54.09 | Q108.18 |
| | Carbono | 2 litros | Q34.48 | Q68.97 |
| | Trichoderma | 0.01 litros | Q101.60 | Q1.02 |
| | Nematodos | 6 | Q26.86 | Q161.17 |
| | Bacterias Bio | 3 | Q32.56 | Q97.68 |
| | Baterias Prom | 0.5 | Q32.56 | Q16.28 |
| | Baterias Degradadores | 0.01 | Q32.56 | Q0.33 |
| | Mano de Obra | - | - | 90.25 las 8 horas |
| Caldo Pantaleon Inmersión 15 Min. | Biofosforo | 2 litros | Q54.09 | Q108.18 |
| | Carbono | 2 litros | Q34.48 | Q68.97 |
| | Trichoderma | 0.01 litros | Q101.60 | Q1.02 |
| | Nematodos | 6 | Q26.86 | Q161.17 |
| | Bacterias Bio | 3 | Q32.56 | Q97.68 |
| | Baterias Prom | 0.5 | Q32.56 | Q16.28 |
| | Baterias Degradadores | 0.01 | Q32.56 | Q0.33 |
| | Mano de Obra | - | - | 90.25 las 8 horas |

| Producto | Uso | Modo de acción | Concentración | Presentación |
|----------------------------------|---|--|--|--|
| BIOC- Bacterias Biocontroladoras | Controlador de patógenos como <i>Thielaviopsis paradoxa</i> , <i>Cephalosporium</i> sp, <i>Colletotrichum</i> sp. | Producción de metabolitos | 3E21 ufc/ dosis / ha | líquido, turbidez baja, color amarillo-café |
| PROM - Bacterias Promotoras | Promotor de crecimiento | Producción fitohormonas | 3E21 ufc/ dosis / ha | líquido, turbidez baja, color amarillo-café |
| Trichoderma Harzianum | Fungicida | Los mecanismos de <i>T. harzianum</i> pueden actuar por separado o sinérgicamente, estos son por competencia de espacio y nutrientes, producción de metabolitos y por micoparasitismo. | 1E12 conidios/ dosis / ha | Esporas adheridas a arroz pre cocido de descarte |
| Heterorhabditis Bacteriophora | Entomopatógeno | El nematodo penetra al insecto por un orificio natural y se instala en el hemocele, en donde este regurgita la bacteria <i>Photobhabdus luminescens</i> que inicia un proceso de inactivación del sistema inmunológico del insecto y por consiguiente se da un proceso de necrosis, y es cuando el nematodo procede a alimentarse de la materia en descomposición. | 20 M ij/ dosis/ ha (puede aumentarse la dosis dependiendo del índice de infestación) | Espojas de 10 x 10 cm |
| Carbono | Aporte nutricional al suelo en forma de ácidos húmicos o fúlvicos, y alimento para microorganismo | | 2.5 l/ ha | Líquido |
| Biofósforo | Aporte de nutrientes al suelo | | 5 l/ha | Líquido |
| Radix | Bioestimulante | El ingrediente activo de RADIX ©, es el ácido indol-3-butírico (AIB), es una auxina que actúa como iniciador de la formación de raíces adventicias, apartir del tejido cambiable de los vegetales. | Radix 35% de ácido indol butírico, tabletas solubles en agua, regulador de crecimiento vegetal, enraizador. | Tableta |
| Biorradicante | Bioestimulante | Aporta precursores de las rutas biosintéticas de compuestos esenciales para el desarrollo de las raíces de las plantas. El producto está diseñado para aplicarse a través de fertirrigación o en "drench". | Es un concentrado soluble formulado con aminoácidos libres, provenientes de procesos de fermentación bacteriana, de hidrólisis enzimática de proteínas vegetales y de extractos de algas combinados con microelementos (hierro, manganeso, boro y zinc). | Líquido |

5.4 Diseño experimental

Se evaluaron 6 tratamientos (Cuadro 1) utilizando un diseño de bloques completos al azar. Se eligió este diseño debido al gradiente de pendiente que tiene el terreno (5%).

5.5 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó en la investigación es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

u = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i (Aplicación de insecticidas)

B_j = Efecto de los bloques 1,2,3,4 y 5.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij - ésima unidad experimental

5.6 Parcela experimental y unidad experimental

Cada unidad experimental consto de 69.12 m². La unidad experimental tiene 39.5 m de largo y 1.75 m de ancho. En la parcela experimental serán distribuidas 5 repeticiones y 6 tratamientos; con un total de 2073.75 m².

5.7 Croquis

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| S30 | S29 | S28 | S27 | S26 | S25 | S24 | S23 | S22 | S21 | S20 | S19 | S18 | S17 | S16 | S15 | S14 | S13 | S12 | S11 | S10 | S9 | S8 | S7 | S6 | S5 | S4 | S3 | S2 | S1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T6 | T3 | T4 | T2 | T1 | T5 | T3 | T4 | T6 | T5 | T2 | T1 | T2 | T1 | T5 | T4 | T3 | T6 | T4 | T6 | T3 | T1 | T5 | T2 | T5 | T2 | T1 | T3 | T6 | T4 |
| R5 | | | | | | R4 | | | | | | R3 | | | | | | R2 | | | | | | R1 | | | | | |
| Parcela experimental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 3. Croquis de la distribución de tratamientos

5.8 Tratamientos evaluados

| No. Tratamiento | Descripcion | Tipo | Abreviatura |
|-----------------|---|-------------------|-------------|
| 1 | Radix + Bioradicante Asperjado | Testigo Comercial | RBA |
| 2 | Inmersion en Caldo pantaleon 15 Minutos (R+B) | | CPRB1 |
| 3 | Inmersion en Caldo pantaleon 30 Minutos (R+B) | | CPRB2 |
| 4 | Inmersion en Caldo pantaleon 45 Minutos (R+B) | | CPRB3 |
| 5 | Caldo Pantaleon Asperjado | Testigo Comercial | CPASP |
| 6 | Caldo Pantaleon Inmersion | Testigo Comercial | CPI |

Cuadro 3. Descripción de los bioestimulantes que se utilizaron en cada tratamiento

5.9 Toma de datos

Estos tratamientos se evaluaron a los 22, 45 y 90 días después de la resiembra y se analizó la altura, diámetro, germinación de las yemas y costos de las aplicaciones.

5.10 Variables respuesta

Entre los datos biométricos que se analizaron se encuentran la altura de la planta, diámetro y brotación de yemas por metro lineal. La toma de datos se llevó a cabo en determinados días después de la resiembra (DDR) siendo estos a los 22, 45 y a los 90 ddr, los muestreos se realizaron en las 30 parcelas con bioestimulantes.

5.10.1 Altura de tallo (22, 45 y 90 ddr)

Se expresó en centímetros la longitud de la caña midiendo con un metro desde la superficie del suelo a la primera hoja.

5.10.2 Diámetro (22, 45 y 90 ddr)

Consiste en la medición del grosor del tallo a través del diámetro en la parte media del tallo (tercio medio del tallo) y se expresará en centímetros.

5.10.3 Germinación de yemas

Es la relación que existe entre las yemas brotadas y el total de yemas a los 22 días después de la siembra; para calcularlo se contaron las yemas no brotadas y brotadas; la cantidad de yemas brotadas se dividió entre el total de yemas y el resultado se presentó como porcentaje.

5.10.4 Análisis de costos parciales

Se realizó un análisis de costos parciales evaluando aquellos costos que se tomaron en consideración para la toma de decisión de usar o no un tratamiento, es decir costos que permitieron diferenciar un tratamiento de otro.

5.11 Análisis de información

- Se llevó a cabo un análisis gráfico y ANDEVA con una prueba de comparación de medias Tukey con un nivel de significancia del 5% para las variables altura, diámetro y brotación de yemas utilizando InfoStat
- Se hizo un análisis económico en el cual se evaluaron los costos de cada tratamiento respecto a la práctica que se realiza en la finca.

5.12 Instrumentos

Se utilizaron

- Metro para hacer la medición en las siembras
- Libretas
- Tablas de recolección de datos
- Sistema informático InfoStat y Microsoft Office (Word y Excel)

VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Variable altura

6.1.1 Altura de tallos a los 22 días

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|-------|---------|
| Modelo | 110.87 | 9 | 12.32 | 1.089 | 0.4129 |
| Tratamiento | 68 | 5 | 13.6 | 1.202 | 0.344 |
| Bloque | 42.87 | 4 | 10.72 | 0.947 | 0.4575 |
| Error | 226.33 | 20 | 11.32 | | |
| Total | 337.2 | 29 | | | |
| C.V. | 17.16% | | | | |

Cuadro 4. Análisis de varianza de la altura de tallos a los 22 días

Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el diseño experimental utilizado de bloques completamente al azar se aplicó con los procedimientos adecuados por lo que se obtuvieron datos en los rangos aceptados; el coeficiente de variación fue de 17.16% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $10\% \leq CV \leq 33\%$ donde podemos decir que existe una variabilidad aceptable para experimentos en el campo de investigación; no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, por lo tanto no se realizó comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

| Tratamientos | Altura (cm) |
|---|-------------|
| 2 CPRB1 / Inmersión en Caldo Pantaleon 15Min. (R + B) | 21 |
| 3 CPRB2 / Inmersión en Caldo Pantaleon 30Min. (R + B) | 20.6 |
| 4 CPRB3 / Inmersión en Caldo Pantaleon 45Min. (R + B) | 20.4 |
| 1 RBA / Radix + Biorradicante (Asperjado) | 20.2 |
| 6 CPI / Caldo Pantaleon Inmersión | 18.8 |
| 5 CPASP / Caldo Pantaleon Asperjado | 16.6 |

Cuadro 5. Altura de tallos a los 22 días

Se puede observar que el CPRB1 presentó mayor altura siendo 21 cm, esto podría favorecer la vigorosidad y productividad; en cambio los que lograron menor altura fueron los tratamientos CPI y CPASP con 18.8 y 16.6 cm respectivamente

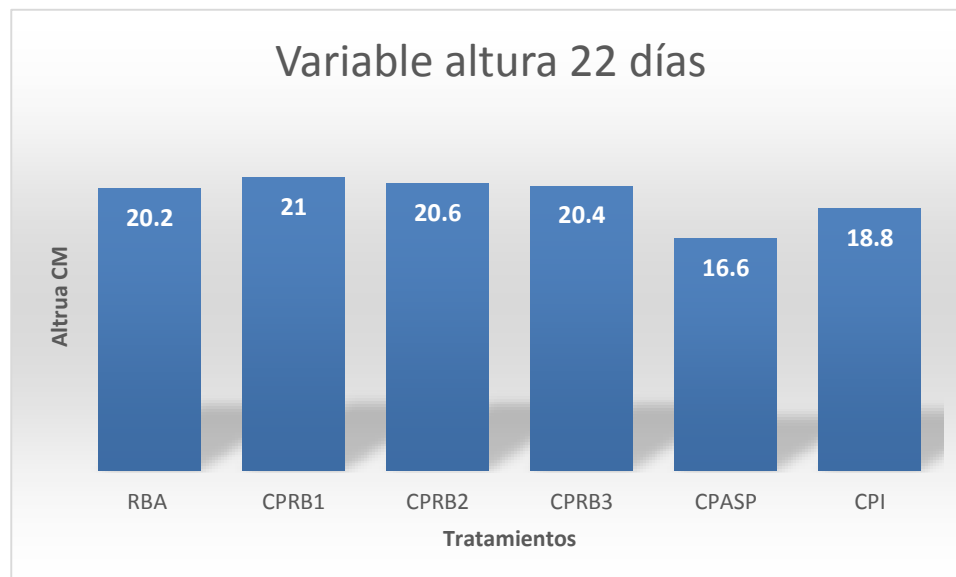


Figura 4. Altura de tallos a los 22 días

6.1.2 Altura de tallos a los 45 días

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|-------|---------|
| Modelo | 1042.26667 | 9 | 115.807 | 0.829 | 0.598 |
| Tratamiento | 737.46667 | 5 | 147.493 | 1.055 | 0.414 |
| Bloque | 304.8 | 4 | 76.2 | 0.545 | 0.705 |
| Error | 2795.2 | 20 | 139.76 | | |
| Total | 3837.46667 | 29 | | | |
| C.V. | 10.51% | | | | |

Cuadro 6. Análisis de varianza de la altura de tallos a los 45 días

Según los resultados que se obtuvieron con el ANDEVA para el diseño experimental utilizado de bloques completamente al azar se aplicaron los procedimientos adecuados por lo que se obtuvieron datos en los rangos aceptados; con un coeficiente de variación de 10.51% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $10\% \leq CV \leq 33\%$ donde podemos decir que existe una variabilidad aceptable para experimentos en el campo de investigación; no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos con una significancia del 5% por lo tanto no se realizó comparación de medias con TUKEY.

| Tratamiento | Altura (cm) |
|---|-------------|
| 4 CPRB3 / inmersión en Caldo Pantaleon 45Min. (R + B) | 121.2 |
| 1 RBA / Radix + Biorradicante (Asperjado) | 114.4 |
| 3 CPRB2 / Inmersión en Caldo Pantaleon 30Min. (R+B) | 112.2 |
| 2 CPRB1 / Inmersión en Caldo Pantaleon 15Min. (R+B) | 112 |
| 5 CPASP / Caldo Pantaleon (Asperjado) | 111 |
| 6 CPI / Caldo Pantaleon Inmersión | 104.4 |

Cuadro 7. Altura de tallos a los 45 días

En los resultados de las alturas presentes en el cuadro 7 se puede observar que el CPRB3 presentó mayor altura de tallos con 121.2 cm a los 45 días después de la aplicación. Esto podría favorecer la vigorosidad y productividad del cultivo; en cambio los tratamientos con los que alcanzaron menor altura fueron los CPASP y CPI con 111 y 104.4 cm respectivamente.

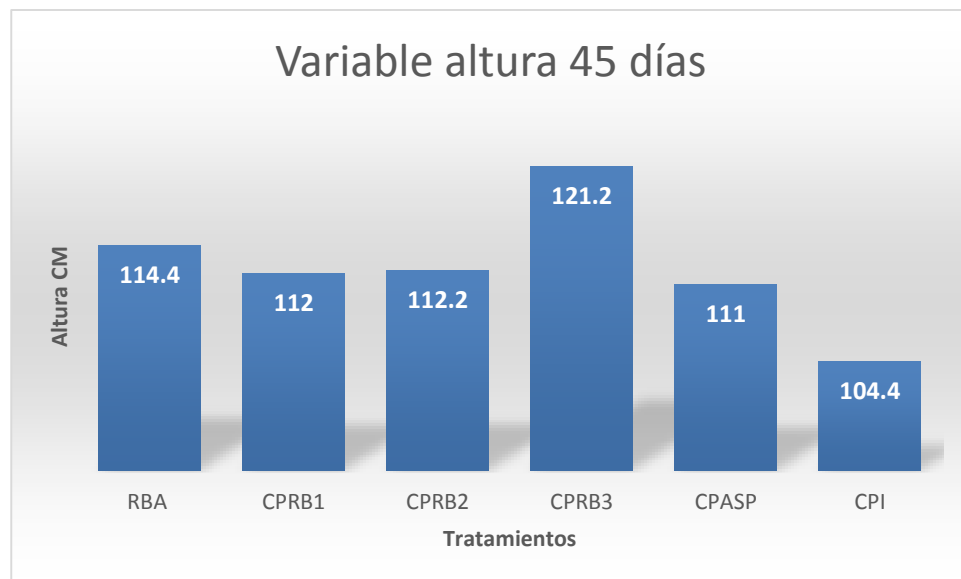


Figura 5. Altura de tallos a los 45 días

6.1.3 Altura de tallos a los 90 días

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | Gl | Cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|------|---------|
| Modelo | 15068.067 | 9 | 1674.23 | 2.22 | 0.0658 |
| Tratamiento | 12861.6 | 5 | 2572.32 | 3.41 | 0.0216 |
| Bloque | 2206.467 | 4 | 551.62 | 0.73 | 0.5808 |
| Error | 15072.733 | 20 | 753.64 | | |
| Total | 30140.8 | 29 | | | |
| C.V. | 16.32% | | | | |

Cuadro 8. Análisis de varianza de la altura de tallos a los 90 días

Los resultados obtenidos del ANDEVA indica que el diseño experimental de bloques completamente al azar se aplicó de forma adecuada brindando un coeficiente de variación de 16.32% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $10\% \leq CV \leq 33\%$ donde podemos decir que existe una variabilidad aceptable para experimentos en campo.

Con el valor de $P=0.0216$ siendo menor a 0.05 se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos; por lo tanto, se procedió a realizar una comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

| Tratamiento | Altura (cm) | N | E.E. | | |
|-------------|-------------|---|-------|---|---|
| 3 CPRB2 | 258.6 | 5 | 14.18 | A | |
| 6 CPI | 229.2 | 5 | 14.18 | A | B |
| 1 RBA | 228.4 | 5 | 14.18 | A | B |
| 4 CPRB3 | 226 | 5 | 14.18 | A | B |
| 2 CPRB1 | 214 | 5 | 14.18 | A | B |
| 5 CPASP | 189 | 5 | 14.18 | | B |

Cuadro 9. Altura de tallos a los 90 días

Se puede observar que la mayor altura de tallo fue 258.6 cm y se alcanzó con CPRB2 mientras que las alturas de CPI, RBA, CPRB3 y CPRB1 no tuvieron diferencias entre ellos encontrándose entre 229.2 y 214 cm respectivamente; y el tratamiento que produjo la menor altura fue CPASP con 189 cm, existiendo una diferencia de 69.6 cm entre el tratamiento No. 3 y 5.

En la gráfica se puede presentar una mayor altura debido al bioestimulante CPRB2 con 258.6 cm muy superior en altura que los resultados obtenidos por CPASP siendo la altura de 189 cm existiendo una diferencia de 69.6 cm.

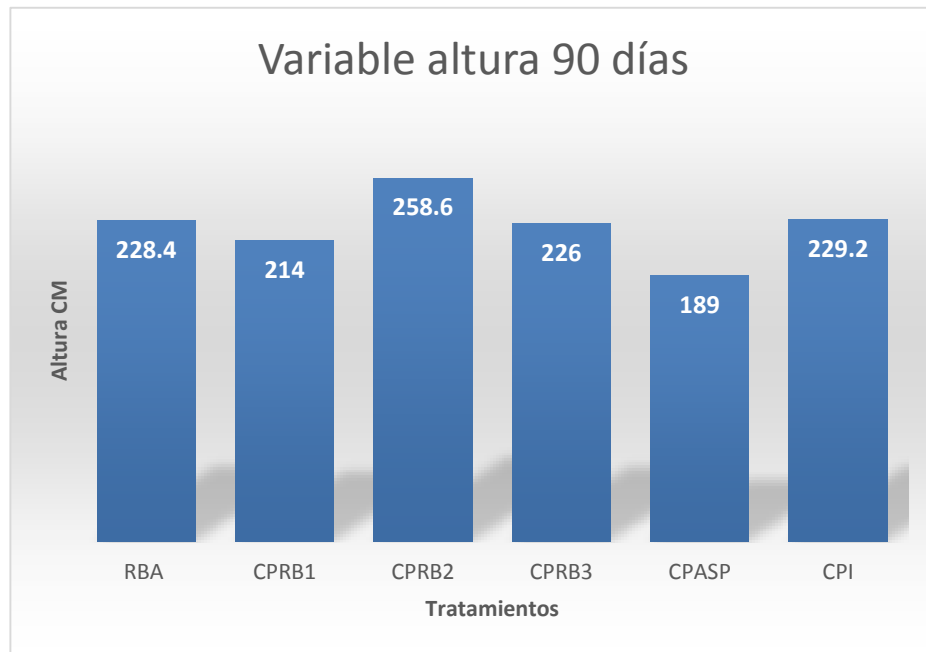


Figura 6. Altura de tallos a los 90 días

El mayor efecto en el cambio de altura empezó a presentarse a partir de la toma de datos a los 45 días después de la resiembra; al llegar a los 90 días el tratamiento Caldo Pantaleón inmersión de 30 minutos R+B es el que presenta mayor desarrollo de altura en centímetros y el de menor altura fue el Caldo Pantaleón Asperjado, con lo cual se percibe que la tendencia se mantendrá hasta el momento del corte de caña.

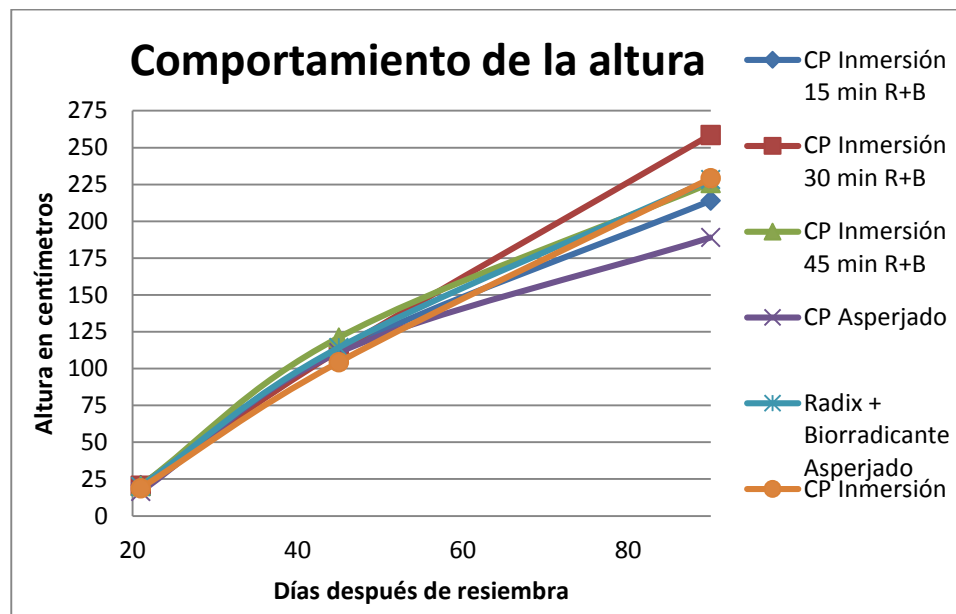


Figura 7. Altura de tallos a los 22 45 y 90 días de cada tratamiento

6.2 Variable diámetro

6.2.1 Diámetro de tallos a los 22 días

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|-------|---------|
| Modelo | 0.1917 | 9 | 0.021 | 0.433 | 0.901 |
| Tratamiento | 0.1000 | 5 | 0.02 | 0.407 | 0.838 |
| Bloque | 0.0917 | 4 | 0.023 | 0.466 | 0.76 |
| Error | 0.9833 | 20 | 0.049 | | |
| Total | 1.1750 | 29 | | | |
| C.V. | 18.48% | | | | |

Cuadro 10. Análisis de varianza del diámetro de tallos a los 22 días

Los resultados obtenidos del ANDEVA indica que el diseño experimental de bloques completamente al azar se aplicó de forma adecuada brindando un coeficiente de variación

de 18.48% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $10\% \leq CV \leq 33\%$ donde podemos decir que existe una variabilidad aceptable para experimentos en el campo de investigación.

Con el valor de $P= 0.838$ siendo mayor a 0.05 no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos; por lo tanto, no fue necesario realizar una comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

En los resultados presentes en el Cuadro 11 se observa que los tratamientos CPRB2, CPI, RBA obtuvieron el mismo diámetro de 1.27 cm a los 22 días después de la aplicación y fue el bioestimulante CPASP que presento el menor diámetro de 1.12 cm.

| Tratamiento | Diámetro (cm) |
|---|---------------|
| 3 CPRB2 / Inmersión en Caldo Pantaleon 30min (R+B) | 1.27 |
| 6 CPI / Caldo Pantaleon Inmersión | 1.27 |
| 1 RBA / Radix + Biorradicante Asperjado | 1.27 |
| 2 CPRB1 / Inmersión en Caldo Pantaleon 15Min. (R+B) | 1.22 |
| 4 CPRB3 / Inmersión en Caldo Pantaleon 45Min. (R+B) | 1.17 |
| 5 CPASP / Caldo Pantaleon Asperjado | 1.12 |

Cuadro 11. Diámetro de tallos a los 22 días

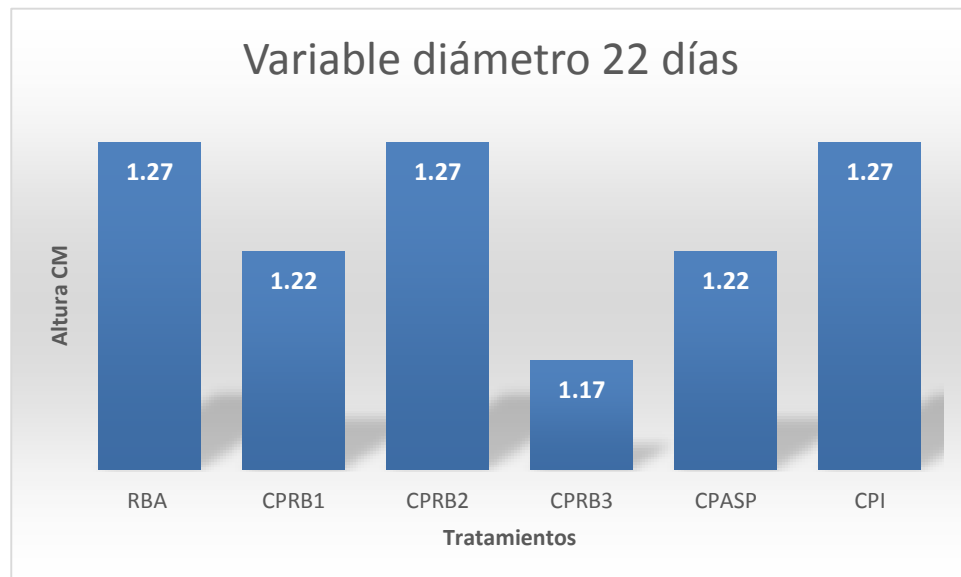


Figura 8. Diámetro de tallos a los 22 días

6.2.2 Variable diámetro de tallos a los 45 días

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|-------|---------|
| Modelo | 0.82093 | 9 | 0.091 | 1.011 | 0.46300 |
| Tratamiento | 0.00844 | 5 | 0.002 | 0.019 | 1.00000 |
| Bloque | 0.81249 | 4 | 0.203 | 2.252 | 0.10000 |
| Error | 1.80419 | 20 | 0.09 | | |
| Total | 2.62512 | 29 | | | |
| C.V. | 14.61% | | | | |

Cuadro 12. Análisis de varianza del diámetro de tallos a los 45 días

Los resultados obtenidos del ANDEVA indican que el diseño experimental de bloques completamente al azar se aplicó de forma adecuada brindando un coeficiente de variación de 14.61% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $10\% \leq CV \leq 33\%$ donde podemos decir que existe una variabilidad aceptable para experimentos en el campo de investigación.

Con el valor de $P= 1.0000$ mayor a 0.05 no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos; por lo tanto, no se realizó la comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

En los resultados presentes del siguiente cuadro se observa que los tratamientos con los bioestimulantes CPRB2 y CPASP obtuvieron el mismo diámetro con 2.07 cm y CPRB3 y CPRB1 no presentaron diferencia entre ellos con 2.06 cm y quien produjo el menor diámetro fue el RBA con 2.02 cm.

| Tratamiento | Diámetro (cm) |
|---|---------------|
| 3 CPRB2 / Inmersión en Caldo Pantaleon 30Min. (R+B) | 2.07 |
| 5 CPASP / Caldo Pantaleon Asperjado | 2.07 |
| 4 CPRB3 / Inmersión en Caldo Pantaleon 45Min. (R+B) | 2.06 |
| 2 CPRB1 / Inmersión en Caldo Pantaleon 15Min. (R+B) | 2.06 |
| 6 CPI / Caldo Pantaleon Inmersión | 2.05 |
| 1 RBA / Radix + Biorradicante Asperjado | 2.02 |

Cuadro 13. Diámetro de tallos a los 45 días

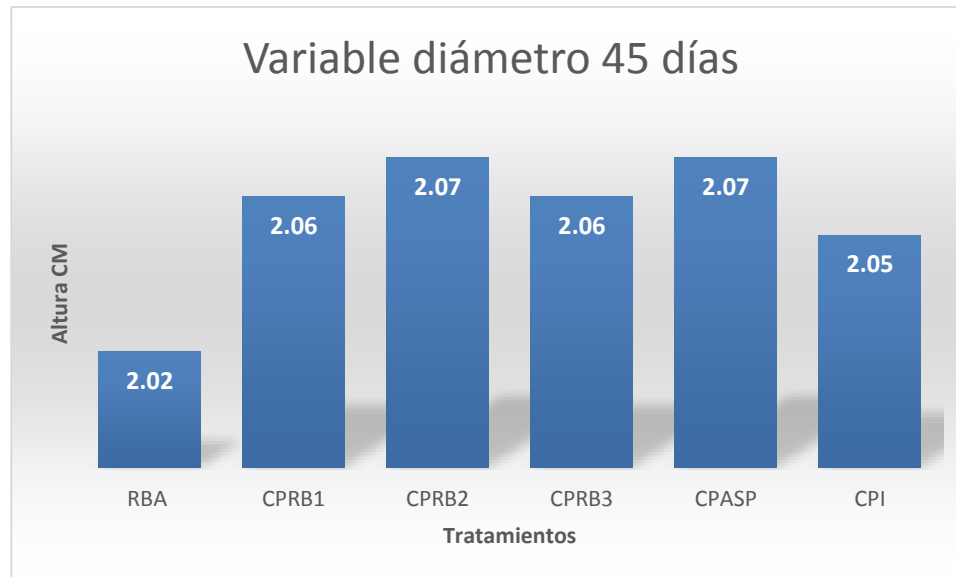


Figura 9. Diámetro de tallos a los 45 días

6.2.3 Diámetro de tallos a los 90 días

| Fuentes de variación | suma de cuadrados | gl | cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|-------|---------|
| Modelo | 0.84 | 9 | 0.093 | 1.678 | 0.16 |
| Tratamiento | 0.32 | 5 | 0.064 | 1.147 | 0.369 |
| Bloque | 0.52 | 4 | 0.13 | 2.342 | 0.09 |
| Error | 1.11 | 20 | 0.055 | | |
| Total | 1.94 | 29 | | | |
| C.V. | 7.58% | | | | |

Cuadro 14. Análisis de varianza de diámetro de tallos a los 90 días

Según los resultados que se obtuvieron con el ANDEVA para el diseño experimental utilizado de bloques completamente al azar se aplicaron los procedimientos adecuados por lo que se obtuvieron datos en los rangos aceptados; con un coeficiente de variación de 7.58% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $CV \leq 10\%$ donde podemos decir que existe poca variabilidad para experimentos en el campo de investigación; Con un $p = 0.369$ mayor a 0.05 no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos con una significancia del 5% por lo tanto no se realizó comparación de medias con TUKEY.

En los resultados de diámetro a los 90 días se observa que el bioestimulante CPRB2 presento mayor diámetro de tallo con 3.45 cm siguiéndole el RBA con 3.39 cm y los tratamientos que produjeron menor diámetro fueron CPASP y CPRB1 con 3.2 y 3.16 cm.

| Tratamiento | Diámetro (cm) |
|---|---------------|
| 3 CPRB2 / Inmersión en Caldo Pantaleon 30Min. (R+B) | 3.45 |
| 1 RBA / Radix + Biorradicante Asperjado | 3.39 |
| 4 CPRB3 / Inmersión en Caldo Pantaleon 45Min. (R+B) | 3.35 |
| 6 CPI / Caldo Pantaleon Inmersión | 3.26 |
| 5 CPASP / Caldo Pantaleon Asperjado | 3.2 |
| 2 CPRB1 / Inmersión en Caldo Pantaleon 15Min. (R+B) | 3.16 |

Cuadro 15. Diámetro de tallos a los 90 días

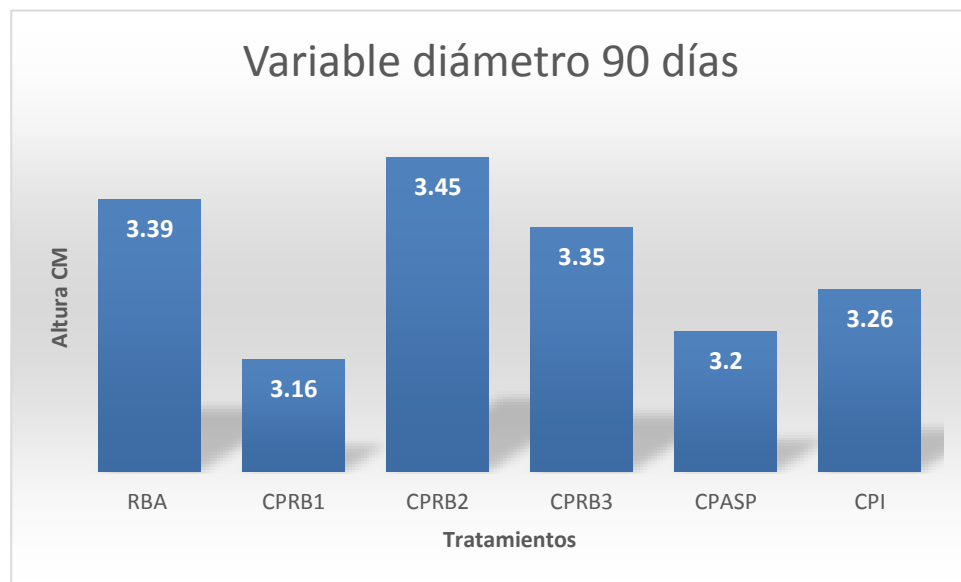


Figura 10. Diámetro de tallos a los 90 días

En la gráfica de comportamiento en el tiempo de la variable biométrica diámetro se presentan cambios provocados por los tratamientos a partir del día 45 después de la resiembra; a los 90 días se observó que el Caldo Pantaleon inmersión con 15 minutos R + B logró el mayor diámetro y el Radix +Biorradicante Asperjado el menor diámetro de tallos; por el comportamiento de los tratamientos pueden presentar mayor diferencia al momento de la cosecha.

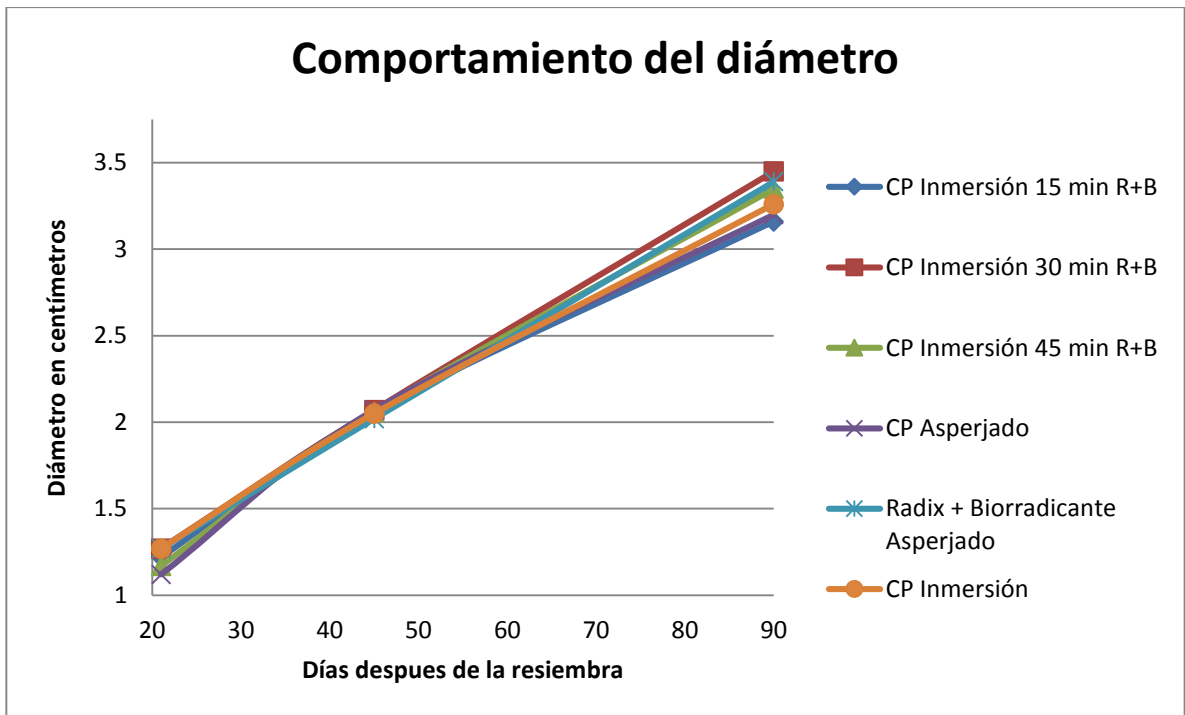


Figura 11. Diámetro de los tallos a los 22, 45 y 90 días de cada tratamiento

6.3 Germinación de yemas a los 22 días

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | gl | Cuadrados medios | F | p-valor |
|----------------------|-------------------|----|------------------|------|---------|
| Modelo | 21.27 | 9 | 2.36 | 1.56 | 0.19315 |
| Tratamiento | 19.47 | 5 | 3.89 | 2.58 | 0.05889 |
| Bloque | 1.8 | 4 | 0.45 | 0.3 | 0.87577 |
| Error | 30.2 | 20 | 1.51 | | |
| Total | 51.47 | 29 | | | |
| C.V. | 22.21% | | | | |

Cuadro 16. Análisis de varianza de la germinación de yemas a los 22 días

Los resultados obtenidos del ANDEVA indican que el diseño experimental de bloques completamente al azar se aplicó de forma adecuada brindando un coeficiente de variación de 22.21% lo que nos indica que nos encontramos en un rango del $10\% \leq CV \leq 33\%$ donde podemos decir que existe una variabilidad aceptable para experimentos en el campo de investigación; para experimentos en campo.

Con el valor de $P= 0.05889$ mayor a 0.05 no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos; por lo tanto, no se realizó la comparación de prueba múltiples de medias TUKEY.

| Tratamiento | Yemas |
|---|-------|
| 2 CPRB1 / Inmersión en Caldo Pantaleon 15Min. (R+B) | 6.4 |
| 1 RBA / Radix + Biorradicante Asperjado | 6.2 |
| 4 CPRB3 / Inmersión en Caldo Pantaleon 45Min. (R+B) | 6 |
| 3 CPRB2 / Inmersión en Caldo Pantaleon 30Min. (R+B) | 5.4 |
| 6 CPI / Caldo Pantaleon Inmersión | 5.2 |
| 5 CPASP / Caldo Pantaleon Asperjado | 4 |

Cuadro 17. Germinación de yemas a los 22 días

En los resultados de germinación de yemas a los 22 días se observa que el bioestimulante CPRB1 presentó la mayor cantidad de yemas germinadas 6.4 siguiéndole el RBA con 6.2 y los bioestimulantes que produjeron la menor germinación de yemas fueron CPI y CPASP con 5.2 y 4 respectivamente.

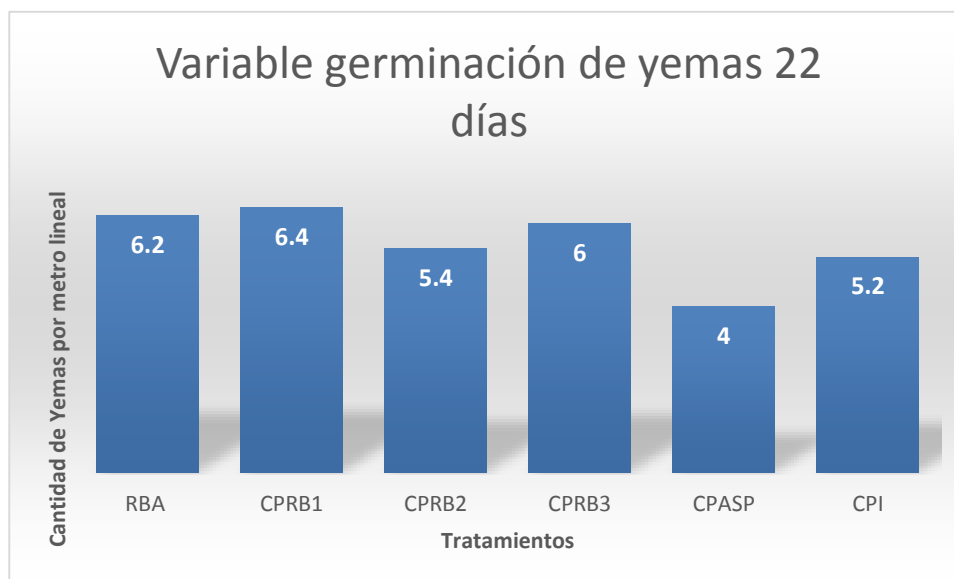


Figura 12. Germinación de yemas por metro lineal a los 22 días

6.4 Análisis de los costos de los tratamientos

En el Cuadro 18 se presentan los costos de cada tratamiento con bioestimulaste. Se puede constatar que el tratamiento con mayores costos son los Caldo Pantaleon R+B con inmersiones de 15, 30 y 45 minutos siendo el costo de Q.800.63/ha; le siguen el caldo Pantaleon asperjado y de 15 minutos de inmersión con Q.453.63/ha; el tratamiento con menor costo fue el Radix +Biorradicante (asperjado) con Q.347/ha.

| Tratamientos | Costos ha |
|---|-----------|
| Radix+Biorradicante (Asperjado) | Q347.00 |
| Caldo Pantaleon (Inmersión 15 Min. R+B) | Q800.63 |
| Caldo Pantaleon (Inmersión 30 Min. R+B) | Q800.63 |
| Caldo Pantaleon (Inmersión 45 Min. R+B) | Q800.63 |
| Caldo Pantaleon Asperjado | Q453.63 |
| Caldo Pantaleon Inmersión 15 Min. | Q453.63 |

Cuadro 18. Costos/ha de los tratamientos

En el cuadro 19 se presentan los resultados de los costos por variable biométrica identificando que el tratamiento de Radix + Biorradicante obtuvo un costo de aumento de altura y diámetro de Q. 1.52 y Q. 102.36/cm respectivamente y Q.55.97 por yema germinada/ metro líneal reduciendo los costos de manejo de rendimiento biométrico y el tratamiento con mayores costos fue el Caldo Pantaleón inmersión 15 min R+B con el cual se obtuvieron costos de Q.3.74 y Q. 253.36/ cm en altura y diámetro respectivamente y Q.125.10 por yema germinada/ metro líneal.

| Tratamientos | Altura | | Diámetro | | Yemas | Q/yema |
|---------------------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|---------------|
| | (cm) | Q/cm | (cm) | Q/cm | | |
| CP Inmersión 15 min R+B | 214 | Q 3.74 | 3.16 | Q 253.36 | 6.4 | Q 125.10 |
| CP Inmersión 30 min R+B | 258.6 | Q 3.10 | 3.45 | Q 232.07 | 5.4 | Q 148.26 |
| CP Inmersión 45 min R+B | 226 | Q 3.54 | 3.35 | Q 238.99 | 6 | Q 133.44 |
| CP Asperjado Radix + Biorradicante | 189 | Q 2.40 | 3.2 | Q 141.76 | 4 | Q 113.41 |
| Asperjado | 228.4 | Q 1.52 | 3.39 | Q 102.36 | 6.2 | Q 55.97 |
| CP Inmersión | 229.2 | Q 1.98 | 3.26 | Q 139.15 | 5.2 | Q 87.24 |

Cuadro 19. Costos/biometría de los tratamientos

VII.CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis del rendimiento de las variables biométricas se encontró que con el tratamiento de Radix + Biorradicante se obtuvo un costo de aumento de altura y diámetro fue de Q. 1.52 y Q. 102.36/ cm respectivamente y Q.55.97 por yema germinada/ metro líneal reduciendo los costos de manejo de rendimiento biométrico y el tratamiento con mayores costos fue el Caldo Pantaleón inmersión 15 min R+B con el cual se obtuvieron costos de Q.3.74 y Q. 253.36/ cm en altura y diámetro respectivamente y Q.125.10 por yema germinada/ metro líneal.
- La mejor germinación de yemas a los 22 días se presentó con la aplicación del bioestimulante CPRB1 con 6.4 yemas por metro lineal siguiéndole el RBA con 6.2 y el tratamiento que produjo la menor germinación fue CPASP con 4 respectivamente.
- La mayor altura de tallos a los 90 días se produjo con la aplicación de CPRB2 con 258.6 cm muy superior en altura que los resultados obtenidos por CPASP siendo la altura de 189 cm.; y respecto al mayor diámetro a los 90 días fue 3.45 cm con la aplicación de CPRB2 y los tratamiento que lograron menor diámetro fueron CPASP y CPRB1 con 3.2 y 3.16 cm.

VIII. RECOMENDACIONES

- Debido a los resultados biométricos obtenidos hasta los 90 días después de la resiembra se recomienda la utilización de Radix + Biorradicante Asperjado en la finca Verapaz; con un rendimiento en las variables biométricas de 228.4 cm y 3.39 cm en altura y diámetro y sus costos de rendimiento biométrico de Q. 1.52 y Q. 102.36/ cm en altura y diámetro respectivamente y Q.55.97 por yema germinada/ metro líneal con los cuales se lograron reducir los costos de manejo en rendimiento biométrico.
- El tratamiento Caldo Pantaleón Inmersión R + B 30 min obtuvo rendimientos considerablemente altos comparado a los demás tratamientos hasta los 90 días con 258.6 cm de altura y 3.45 cm en diámetro de tallo; por lo cual se recomienda efectuar una investigación experimental comparativa y concluirla al momento de la cosecha.

IX. Bibliografía

1. Andrews, K.; y Quezada, J. 1989. *Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura*. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 618 p.
2. Chaves, M. 2002. *Nutrición y fertilización de la caña de azúcar*. Nutrición del cultivo. Costa Rica. 30 p.
3. Gallardo R, NG .1998. *Efecto de la aplicación de bioestimulantes [Frutaliv, Defender] en floración de palto Persea americana Mill. cv. Hass sobre la cuaja y retención de frutos*. Tesis Ing. Agr. Valparaiso, Chile, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 51 p.
4. González, L. 2012. *Análisis del impacto económico de plagas y malezas que provocan daño en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) en el Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla*. Universidad de San Carlos de Guatemala. 101 p.
5. Hernández, J. 2007. *Recomendaciones para disminuir la población de plagas de la raíz en caña de azúcar, en la finca bugambilia de Ingenio Magdalena en el municipio de la Democracia, Escuintla*. Guatemala, 105 p.
6. Integrated Taxonomic Information System ITIS. 2010. *ITIS Report, base de datos de Poaceas*. Estados Unidos de América.
7. Liman, C. 2000. *Complejos de abonos foliares especiales enmiendas húmicas líquidas; productos nutricionales*. Valencia, España, FUTURECO, La Hoja, Publicación Técnica. 42 p.
8. NETAFIM. Sf. *Fase de Germinación y Establecimiento*. Israel. Extraído el 25 de Septiembre de 2019 desde http://www.sugarcane crops.com/s/crop_growth_phases/germination_establishment_phase/

9. Núñez, ER. 1998. *Tecnología y uso de fertilizantes; biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. México, AGT Editor. 36 p.
10. Metcalf, C.; y Flin, W. 1982. *Insectos destructivos e insectos útiles; sus costumbres y su control*. México. Edit. Continental. 1208 p.
11. Peña, M. 1997. *Propagación In vitro de la caña de azúcar*. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 39 p.
12. Rosales, F. y Orozco, H. 2017. *Guía de buenas prácticas agrícolas en caña de azúcar. Establecimiento de plantaciones*. 6-12p. Comité Técnico Agrícola de CENGICAÑA y Comités específicos de variedades, CAÑAMIP, Fertilización, riegos, malezas y madurantes, y cosecha. Guatemala 85p.
13. Súbiros, F. 1995. *El cultivo de la caña de azúcar*. Editorama S.A. San José, Costa Rica. 441 p.
14. Tejeda, V. 1993. *Evaluación de cuatro unidades de muestra, para estimar densidades de plagas del suelo en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum) en Siquinalá, Escuintla*. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala. 89