

Respuesta del maíz blanco SV 7019 (*Zea mays* L.) a la aplicación del mucílago y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) como biofertilizante bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Rionegro, Santander

Ludy Elena Rojas Hernandez

Asesor

Nebis Mercedes Saucedo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

Programa de Agronomía

Bucaramanga

2025

Nombre Director de Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Resumen

En el municipio de Rionegro Santander, vereda Valparaíso, finca El mango se realizó la siembra de maíz (*Zea mays* L.), conocido como maíz blanco o duro, con la finalidad de analizar el efecto de la cáscara y mucílago de cacao como biofertilizante para aprovechar estos subproductos derivados del proceso de cosecha de cacao y para, a su vez, promover la agricultura sostenible.

Para analizar los efectos de estos biofertilizantes en el cultivo de maíz se implementaron cuatro (4) tratamientos, dentro de los cuales se tiene el testigo (T1), mucílago 5% (T2), Mucílago fermentado 5% (T3), cáscara picada (T4); en los tratamientos de mucílago al ser a una concentración del 5% se usó 50 ml de mucílago por cada 1000 ml de agua, esta solución es aplicada una dosis de 200 ml por planta y en el caso de la cáscara 200 gr por planta de maíz.

Con la realización de esta aplicación de biofertilizantes se analizó las respuestas en las plantas de maíz mediante variables como altura de las plantas, el número de mazorcas producidas y el peso de las mazorcas. La primera aplicación de estos tratamientos se realizó transcurridos 30 días desde la siembra y seguidamente fueron aplicados cada 15 días midiendo cada indicador desde el primer mes y luego cada 15 días hasta la cosecha.

Palabras clave: Biofertilizante, mucílago, producción, subproducto.

Abstract

In the municipality of Rionegro Santander, Valparaíso village, El Mango farm, 80 corn plants (*Zea mays* L.) were planted, known as white or hard corn, in order to analyze the effect of the cocoa shell and mucilage as a biofertilizer to take advantage of these byproducts derived from the cocoa harvesting process and, in turn, to promote sustainable agriculture.

To analyze the effects of these biofertilizers on corn crops, four (4) treatments were implemented, including the control (T1), 5% mucilage (T2), 5% fermented mucilage (T3), chopped shell (T4); in the mucilage treatments, at a concentration of 5%, 50 ml of mucilage was used for every 1000 ml of water, this solution is applied at a dose of 200 ml per plant and in the case of the shell, 200 gr per site where the corn was planted.

By carrying out this application of biofertilizers, the responses in the corn plants were analyzed using variables such as plant height, the number of ears produced per plant, and the weight of the ears. The first application of these treatments was carried out 30 days after sowing and they were subsequently applied every 15 days, measuring each indicator from the first month and then every 15 days until harvest.

Keywords: Biofertilizer, mucilage, byproduct, production.

Tabla de Contenido

Introducción	10
Planteamiento del Problema	12
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
Generalidades del Maíz.....	17
Taxonomía.	17
Morfología:	18
Requerimientos Agroecológicos:.....	20
Características del Mucílago y Cáscara de Cacao	21
Antecedentes	23
Materiales y Métodos.....	24
Ubicación:	24
Materiales.....	24
Materiales de Campo:	24
Materiales de Apoyo:.....	24
Diseño Experimental.....	24
Establecimiento del Ensayo	26
Tratamientos	27
Método.....	28

Resultados y Discusión	29
Conclusiones	34
Recomendaciones	35
Referencias Bibliográficas	36
Apéndices.....	38

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Identificación de Tratamientos</i>	27
Tabla 2 <i>Tratamientos y Dosis Aplicados en el Maíz</i>	28
Tabla 3 <i>Cronograma de Actividades</i>	29
Tabla 4 <i>Variable 1: Altura de las Plantas (cm)</i>	30
Tabla 5 <i>Variable 2: Número de mazorcas</i>	30
Tabla 6 <i>Variable 3: Peso de Mazorcas (kg)</i>	31
Tabla 7 <i>Resultados de Variables Evaluadas</i>	31

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Distribución de los Tratamientos</i>	25
Figura 2 <i>Diseño de las Unidades Experimentales</i>	26
Figura 3 <i>Altura Promedio de las Plantas (cm)</i>	32
Figura 4 <i>Promedio de Mazorcas</i>	32
Figura 5 <i>Peso de Mazorcas</i>	33

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Análisis de Suelo</i>	38
Apéndice B <i>Adecuación del terreno</i>	39
Apéndice C <i>Diseño de Bloques</i>	39
Apéndice D <i>Identificación de Tratamientos por Colores</i>	40
Apéndice E <i>Primer Aplicación de los Tratamientos</i>	40
Apéndice F <i>Segunda Aplicación de los Tratamientos</i>	42
Apéndice G <i>Tercer Aplicación de los Tratamientos</i>	44
Apéndice H <i>Cuarta Aplicación de los Tratamientos</i>	45
Apéndice I <i>Cosecha</i>	46
Apéndice J <i>Análisis de Varianza</i>	48

Introducción

El maíz es originario de América y es asociado a culturas precolombinas, es un cultivo económicamente importante a nivel mundial el cual es usado como alimento humano, animales o usado para un sin fin de productos agroindustriales ya que está compuesto principalmente por almidón, proteínas, lípidos y en menores cantidades azúcares, fibras y vitaminas. (Simón y Golik, 2018).

En el departamento de Santander el maíz es uno de los cultivos transitorios mayormente sembrados junto con el frijol y la yuca, los maíces criollos son sembrados por las familias en pequeñas parcelas para el consumo propio o en algunos casos para comercialización. En Santander el maíz blandito amarillo es uno de los mayormente utilizados para elaboración de gran variedad de platos, como arepas, mote, masato, tamales; según la secretaria de agricultura (2020) para el 2016 en el departamento habían sembradas 40 mil hectáreas de maíz produciendo hasta 100 mil toneladas.

Durante el desarrollo del cultivo se producen cambios fundamentales en la morfología y fisiología, para describir este proceso hay dos etapas descritas por Ritchie y Hanway en 1982, las cuales son la etapa vegetativa y la reproductiva, la etapa vegetativa va hasta el surgimiento de la espiga iniciando la etapa reproductiva donde emergen los estigmas y finaliza hasta el llenado de los granos. (Simón y Golik, 2018).

Según Simón y Golik (2018) el cultivo de maíz es usado en la rotación de cultivos el cual puede inhibir los patógenos, insectos y arvenses manteniendo un equilibrio en el ecosistema, aporta materia orgánica al suelo al descomponerse sus hojas y tallos, pudiendo de esta manera incrementar el rendimiento del cultivo siguiente.

Según la página de Semillas el Valle S.A (2024) la variedad de maíz blanco SV 7019 se caracteriza por su mazorca alargada y color blanco el cual es tolerante al volcamiento, para las condiciones del Valle del Cauca indica que esta variedad alcanza una altura de 2,7 m, desde la emergencia a la floración requiere de 58 días y desde la floración hasta su madurez de 110 días, para un total de 145 días desde la emergencia hasta la cosecha. Esta variedad es resistente a hongos como *Fusarium* sp. y *Diplodia* sp.

El desarrollo de las plantas dependerá en gran manera de las condiciones ambientales ya que condiciones como sequía, poca radiación solar, deficiencia de nutrientes, entre otros, puede incidir en su desarrollo por ello se debe tener en cuenta que el maíz requiere de buena disponibilidad de agua durante todo su crecimiento, la deficiencia o exceso de agua altera el desarrollo de la planta o puede ocasionar muerte de las plantas, dos semanas antes y después de la emisión de estigmas o floración se requiere buena disponibilidad de agua para evitar pérdidas en el rendimiento del grano; requiere de suelos bien drenados, con buena disponibilidad de materia orgánica, tiene un rango de pH óptimo de 5,5 a 7,8 (Deras, 2020)

Planteamiento del Problema

En el municipio de Rionegro se suele cultivar el maíz ya que este forma parte del consumo básico de la comunidad, es dado como alimento de aves de corral o sencillamente vendido, además de esto es muy común el cultivo de cacao como cultivo principal.

Como es bien sabido, todo cultivo requiere de una serie de actividades culturales dentro de las cuales está la fertilización con el fin de optimizar su desarrollo y obtener buenas producciones pudiendo implicar en sobrecostos de producción el hecho de comprar abonos para aplicar el cultivo de maíz; generalmente y como consecuencia de la revolución verde se suele creer que las mejores producciones se tienen con el uso de aplicaciones de abonos químicos ignorando los impactos negativos que esto conlleva, optando por la compra de abonos que generan un sobrecosto de producción en el precio del producto como tal, en gastos de transporte hasta la finca y además de los costos de aplicación por mano de obra.

Es importante enfatizar en la importancia del uso de abonos orgánicos y con la finalidad de que la finca o unidad productiva vaya encaminándose a ser sostenible, se busca que esta misma tenga la capacidad de generar sus propios abonos sin necesidad de incurrir en la compra de estos insumos, optando así por la aplicación de productos de origen orgánico que permitan conservar el suelo, evitar contaminación de fuentes hídricas, conservación de microorganismos y en general de los recursos naturales teniendo una relación amigable con el medio.

El cacao es un cultivo del cual se aprovecha la almendra al contar con valor comercial, correspondiente al 10% del fruto, desaprovechándose alrededor del 90% restante donde se incluye la cáscara, el mucílago, placenta y cascarilla (Calvache et. al, 2023); aunque se han realizado estudios acerca del uso de la cáscara de la mazorca de cacao como abono orgánico, este proceso no ha sido llevado a cabo por los cacaocultores del municipio de Rionegro, por otro

lado, el uso del mucílago más que todo se ha enfocado en el sector alimenticio a partir de la elaboración de vinos, dulces como mermelada, arequipe y otros derivados los cuales no han sido aprovechados por los agricultores de la zona, por lo que la generación de subproductos en el proceso de cosecha del cacao es una realidad que se ha mantenido sin obtener un buen aprovechamiento.

Al cosechar el fruto del cacao este es despulpado o actividad comúnmente conocida como “desengrullado”, el cual es un proceso de separación de la almendra de cacao de la cáscara y de la placenta o vena, la almendra es recolectada en canastos para ser transportada al cajón donde se lleva a cabo su fermentación, el cajón de madera cuenta con unas ranuras por donde se lixivia el mucílago haciendo que este caiga debajo del cajón favoreciendo la presencia de variedad de insectos voladores atraídos por el dulzor de este líquido, haciendo que con el paso de los días se genere fuertes olores. La cáscara es desechada dentro del cultivo de cacao donde se suelen realizar montones generando que esto pueda ser foco de hospederos de insectos o animales que encuentren ambiente favorable en estos espacios, como el caso de hormigas, alacranes o serpientes que puedan afectar la integridad de los trabajadores, además de ocasionar con el paso del tiempo grandes montañas de cáscaras que no se descomponen fácilmente ocupando espacio.

Justificación

Con la finalidad de generar un uso de los subproductos como la cáscara y el mucílago de cacao se planteó el uso como biofertilizante o abono líquido en el cultivo de maíz blanco, esta alternativa surgió como estrategia de aprovechamiento de estos residuos de cacao como abonos en otros cultivos que se tengan en la unidad productiva, como el caso del cultivo de maíz; con esto se buscan alternativas para una agricultura sostenible que preserven los ecosistemas, se promueva la biodiversidad y la seguridad alimentaria.

Con el uso de estos subproductos se buscó contribuir a la transformación de estos en abonos, usando lo que hoy se considera como un desecho, en un producto que aporta beneficios para el cultivo del maíz, disminuyendo así la dependencia en la compra de abonos, tanto químicos como orgánicos, que generan costos adicionales de producción.

Como beneficios se tiene el evitar la acumulación de residuos de cosecha como lo son las cáscaras dentro del lote de cacao para cumplir la función de abono en las plantas de maíz, se disminuye los costos de producción al evitar la compra de fertilizantes, se reduce la contaminación ambiental, uso de fertilizantes químicos y los efectos negativos al usar alternativas amigables con el medio logrando así mantener la fertilidad y estructura del suelo, con la finalidad de obtener una buena producción de mazorcas de maíz. Con todo esto se busca que la comunidad vaya rompiendo el vínculo de dependencia de abonos químicos para ir adoptando prácticas agrícolas que permitan la sostenibilidad y estabilidad de los cultivos.

Según un estudio realizado por Sánchez et al. (2019) en donde comparó la efectividad del mucílago de cacao como abono líquido en dos variedades de maíz logra concluir que en la variedad Calilla al aplicarse tuvo mayor crecimiento en menor tiempo, por ello se buscó comprobar si en el cultivo de maíz bajo las condiciones propias de la zona, el mucílago y cáscara

de cacao, tienen algún efecto como fertilizante y así determinar los beneficios de dicha aplicación.

Al producir maíz sin el uso de abonos químicos se cosechan productos orgánicos libres de contaminantes que puedan afectar la salud de los consumidores, a su vez, que se protegen los recursos naturales evitando su contaminación y la preservación de los ecosistemas. Además, aplicar esta alternativa se incentiva un modelo de producción orgánico en la que se aprovechen los residuos o subproductos de cosecha buscando obtener maíz de manera sostenible además de conservar el suelo al reemplazar el uso de agroquímicos por aplicaciones de insumos orgánicos logrando así preservar los recursos como suelo y agua, mantener la biodiversidad y mejorando la calidad de vida de los agricultores y consumidores finales.

Objetivos

Objetivo General

Valorar la respuesta del cultivo de maíz blanco SV 7019 (*Zea mays* L.) a la aplicación de biofertilizantes con mucílago y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones agroecológicas del municipio de Rionegro, Santander.

Objetivos Específicos

Determinar si el desarrollo de las plantas de maíz varía según las aplicaciones de los tratamientos de biofertilizantes a base de subproductos del cacao.

Comparar la producción del maíz blanco según las diferentes aplicaciones de biofertilizante edáfico con la solución de mucílago fresco, mucílago fermentado y cáscara picada para conocer en cuál de estas aplicaciones se tiene mejores resultados.

Identificar si vale la pena invertir tiempo y mano de obra en la preparación de los diferentes tratamientos teniendo en cuenta los resultados de producción de las mazorcas.

Marco Teórico

Generalidades del Maíz

Según Fenalce (2019) en Colombia los tipos de maíz más consumidos son el maíz amarillo y el blanco, siendo el maíz amarillo usado comúnmente para la alimentación animal y el blanco para consumo humano.

El maíz es una planta C4 con alta tasa fotosintética, es un cultivo que se adapta a diferentes condiciones de clima, suelo y altitudes, es un producto que tiene usos muy variados al ser usado como alimento y de uso industrial, a partir de este se elabora harina de maíz, jarabe de maíz el cual es usado como base de bebidas refrescantes, por otro lado, su almidón es usado en la elaboración de papel. El maíz es el cultivo con mayor rendimiento por unidad de superficie y además es el segundo cereal con mayor superficie sembrada, después del trigo. (Ávila et. al, 2023).

Taxonomía.

El maíz pertenece a la familia *Poáceae* o de las gramíneas, del género *Zea*, especie *Zea Mays* (Valladares, 2010).

Según Ávila et. al (2023) El maíz se puede clasificar según la textura, tamaño y forma del grano, así de la siguiente manera:

- Maíz palomero o reventador: (*Zea mays* ssp *mays everta*). Es de grano pequeño con corona en forma de pico, usado para la elaboración de palomitas de maíz.
- Maíz cristalino: (*Zea mays* ssp *mays indurata*) es un grano duro con corona redonda usado en alimentación tanto humana como animal.

- Maíz dentado: (*Zea mays ssp mays dentata*) es el de mayor importancia económica siendo el mayormente sembrado a nivel mundial, tiene la corona hundida y suave en el centro.
- Maíz dulce (*Zea mays ssp mays saccharata*). El grano es arrugado con sabor dulce

Morfología:

El maíz es una planta anual herbácea, al germinar el grano la estructura que emerge es la radícula de la cual emergen 2 a 3 raíces laterales formando las raíces seminales, a la vez emergen las hojas verdaderas que estaban envueltas en el embrión, al salir la tercera hoja emergen raíces en los primeros nudos del tallo encontrados bajo el suelo las cuales forman el sistema radicular permanente y son conocidas como raíces adventicias; las raíces de absorción se encuentran en los 40 a 60 cm del perfil del suelo pero pueden expandirse horizontalmente hasta 180 cm y verticalmente hasta 200 cm. (Ávila et. al, 2023).

La altura de las plantas está dada según las variedades, en las primeras dos semanas la planta se alimenta de la semilla, la mayor parte del sistema radicular está conformado por raíces adventicias, tienen además raíces de soporte originadas en los nudos bases y raíces áreas las cuales no alcanzan el suelo. En el tallo se da la producción de mazorcas, tienen una hoja en cada nudo, posee hojas largas y anchas las cuales pueden tener rallas verdes o blancas. De las yemas en cada base de los entrenudos surgen las mazorcas las cuales contienen ovarios los cuales se convertirán en granos una vez ocurre la polinización, los ovarios tienen un estilo largo el cual son esos pelos que sobresalen de las tuzas o mazorcas, el polen producido por las espigas masculinas que se dan en el tallo principal cae sobre estos pelos hasta llegar a los ovarios y ocurre la fecundación. Las características de la mazorca están dadas según la variedad.

- Tallo: tallo erecto sin ramificaciones, color claro o en algunos casos morado, altura variable desde los 80 cm a plantas de 3 metros, el número de nudos y hojas varia de forma considerable; en la zona axilar de cada nudo se encuentran las yemas florales, las cuales pueden ser hasta 10 según el tallo. En la zona apical del tallo se encuentra la inflorescencia masculina. Una vez el tallo de la planta se ha desarrollado aparecen sobre la superficie del suelo los primeros nudos, raíces aéreas llamadas adventicias y son encargadas de prestar anclaje a la planta.

- En cada nudo se desarrolla una hoja la cual puede tener un largo entre los 30 a 100 cm, con una nervadura central y color verde oscuro. (Ávila et. al, 2023).

- Inflorescencia femenina: en la base de cada hoja hay una yema axilar la cual origina una rama lateral originando nudos y entrenudos en los cuales aparecerá una hoja con una yema axilar, en la zona terminal de la rama esta la inflorescencia femenina conocida como mazorca; alrededor de 12 a 14 hojas envuelven esta mazorca y se le conocen como totomoxtle. La inflorescencia es una espiga con un raquis o tuza cilíndrica en la cual están las flores femeninas, estas flores sobresalen del totomoxtle para atrapar el polen y lograr la fecundación del óvulo generando así los granos de la mazorca. Cuando la inflorescencia está en floración los estilos o pelos son amarillos o claros y sobresalen del totomoxtle iniciando el desarrollo del grano. (Ávila et. al, 2023).

- Inflorescencia masculina: se encuentra en la zona terminal del tallo, formado por varias espigas donde se encuentran las flores masculinas y es conocido como panoja, esta inflorescencia libera granos de polen encargados de fecundar los óvulos. (Ávila et. al, 2023).

- Fruto: fruto cariósido, su peso puede variar de los 150 a 350 gr. El fruto está formado por el pericarpio que son células que forman una capa al endospermo, el endospermo

conforma la mayor parte del grano siendo un tejido de reserva. Su color puede variar desde el blanco, amarillo, rosa, azul, anaranjado, morado hasta el negro. (Ávila et. al, 2023).

Requerimientos Agroecológicos:

Según Ávila et. al, (2023) El maíz al poseer una gran variabilidad genética se adapta a diferentes condiciones agroecológicas.

- Temperatura: requiere una temperatura mínima de 12 °C y una máxima de 40°C, siendo la óptima de 26 a 29 °C, el maíz expuesto a altas temperaturas sufriría afectaciones en la floración reduciendo su capacidad de fecundación, por otro lado, temperaturas inferiores a 4°C causan afectación en cualquier fase de desarrollo. (Ávila et. al, 2023).

- Humedad: la deficiencia de agua durante la floración y el inicio del llenado del grano es determinante más que en cualquier otra etapa del cultivo ya que afecta el rendimiento del grano, para obtener una buena cosecha es importante contar con una precipitación distribuida y de unos 800 mm. (Ávila et. al, 2023).

- Suelo: aunque puede adaptarse a gran variedad de suelos prefiere los suelos profundos, que sean permeables, buen drenaje, con pH ligeramente ácido o alcalino, con buen contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores. (Ávila et. al, 2023).

- Fertilización: una adecuada nutrición permitirá mayor resistencia a plagas y enfermedades en el cultivo, los principales macronutrientes que requiere el maíz son nitrógeno (N), fósforo (P) Potasio (K), nutrientes secundarios como calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y microelementos como hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y boro (B).

- En las fases iniciales del cultivo el maíz requiere de poco nitrógeno, pero va aumentando este requerimiento a medida que se desarrolla la planta, aproximadamente a partir

del día 60 después de la emergencia inicia su requerimiento. El fósforo permite el buen desarrollo radicular, vegetativo y lo que respecta a la reproducción, su requerimiento inicia antes del espigamiento y se incrementa para el inicio de la floración y llenado del grano. En suelos ácidos la cantidad de fósforo se reduce. (Ávila et. al, 2023).

- Según Ávila et. al, (2023) indica que se requieren 23 kg/ ha de Nitrógeno, 10.7 kg /Ha de fósforo y 25 kg/Ha de potasio para poder obtener una producción de 1 tonelada de grano de maíz.
- Control de arvenses: las arvenses pueden producir daños directos o indirectos a los cultivos, de forma directa al genera competencia por espacio, agua, luz, nutrientes, de forma indirecta pueden ser hospederos de insectos plaga y ser focos de infestación. Dentro de las arvenses más comunes están las gramíneas, ciperáceas, Solanáceas y Amarantáceas. (Ávila et. al, 2023).

Características del Mucílago y Cáscara de Cacao

El mucílago de cacao, conocido comúnmente como baba, es una sustancia que recubre los granos de cacao con textura viscosa, carnosa y de color transparentoso que es comestible y su sabor cambia según las variedades de cacao desde sabores cítricos, suaves o dulces; este mucílago es el encargado de cumplir la función de fermentador del grano del cacao.

Castro (2023) cita a Santana et al (2018) para indicar que el mucílago contiene azúcar en un 10 a 15%, pectina 1% y ácido cítrico en un 1,5%; por cada 100 kg de almendra de cacao desengrullada se pueden obtener de 4 a 7 litros de mucilago. Por otro lado, Castro (2023) cita a Largo y Yugcha (2016) los cuales indican que el mucilago está conformado un 82 a 87% de agua y es rico en azúcares, además de contener vitaminas como la vitamina C, aminoácidos y proteínas los cuales favorecen el crecimiento de microorganismos.

En el proceso de cosecha de cacao, el fruto o mazorca, es aprovechada alrededor del 10% generando gran cantidad de subproductos como la cáscara y mucílago los cuales al ser depositados directamente al suelo se convierten en focos de propagación del hongo *Phytophthora* spp, comúnmente llamado mazorca negra o fitoptora, recordando que este es un género de hongos que puede afectar severamente el cultivo de cacao el cual ataca tanto al tejido en crecimiento como al fruto causando pérdidas económicas. (Castro, 2023).

Castro (2023) cita a Diaz (2021) en la que menciona que los desechos como resultados del desengrulle de cacao tienen un impacto ambiental negativo en gran manera al generar gas metano como producto de la descomposición de sustancias orgánicas anaeróbicas o que carecen de oxígeno.

Antecedentes

El mucílago de cacao ha sido estudiado como abono foliar más sin embargo puede causar efectos negativos al tener contacto con las hojas debido a sus altos niveles de alcohol y fenol pudiendo causar quemaduras en los tejidos de las hojas (Castro, 2023) por ello se buscó medir su efectividad como abono edáfico. Según Castro (2023) el mucílago puede contener micronutrientes esenciales como hierro, zinc y cobre los cuales pueden aportar al desarrollo de la planta. Cueva (2018) cita a Ardila y Carreño (2011) para indicar que la cáscara de cacao posee un 60 % de materia orgánica, un 15% de humedad, por lo que al ser usado como abono se aplicarían dichos elementos al suelo.

En un estudio realizado por García et. al (2022) en Perú se refieren al mucílago de cacao como agua de miel de cacao la cual funciona como abono o biol al obtener buenos rendimientos de cosecha en el cultivo de maíz aplicándose antes del sembrado y con una fermentación previa de 15 días, en este estudio usaron dosis de 20, 40 y 60 ml de agua miel en 1,2 litros de microorganismos eficientes activados, demostrando que la aplicación de 60 ml de agua miel de cacao, por 4 metros cuadrados, obtuvo los mejores rendimientos, incluso indican que el biol del agua miel de cacao al mezclarse con otros productos orgánicos mejoran las propiedades nutricionales del suelo. García et. al (2022) en su estudio indican que el mucílago fermentado por 15 días tiene las siguientes características químicas: pH 3.83, Materia orgánica 2.72 %, Nitrógeno 0.07 %, fósforo 0.02 \$, potasio 0.15 %.

Materiales y Métodos

Ubicación:

En la finca El mango, vereda Valparaiso del municipio de Rionegro se llevó a cabo este proyecto, esta finca se encuentra a una altura de 1.234 msnm, con una temperatura promedio de 25°C y en un suelo francoarenoso.

Materiales.

Materiales de Campo:

Para la siembra del maíz se requirió de herramientas como machete, guadaña, pica; la semilla usada es certificada por el ICA, Semillas Valle S.A., y es maíz blanco SV 7019 o híbrido como lo indica el empaque.

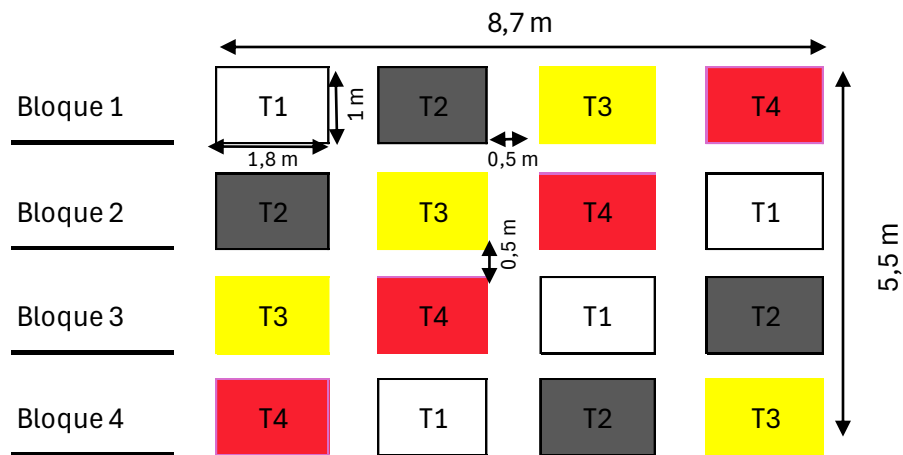
Materiales de Apoyo:

Cámara fotográfica, planilla de registro de información, pita para delimitación de las unidades experimentales.

Diseño Experimental

La distribución de los tratamientos se realizó mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA), con cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) bloques, por cada bloque cuatro (4) unidades experimentales, teniendo en total diez y seis (16) unidades experimentales, como lo muestra la figura 1.

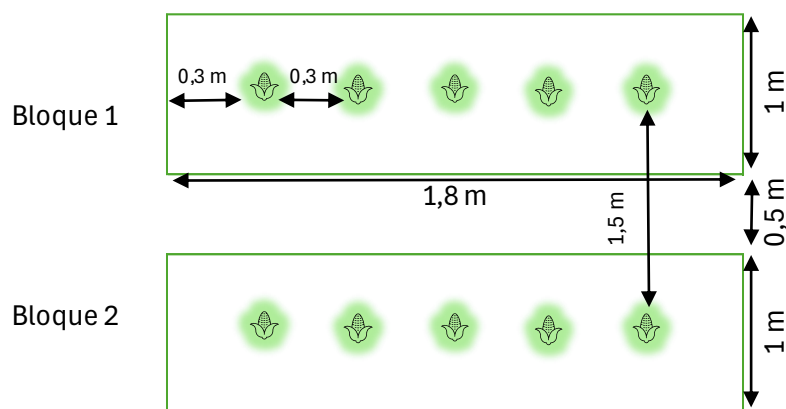
Cada tratamiento se realizó en veinte (20) plantas de maíz y cuatro (4) repeticiones, por ende, se sembraron 80 plantas en total. Para la interpretación de los datos se aplicó un análisis de varianza ANOVA para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Figura 1*Distribución de los Tratamientos*

Nota. Distribución de los diferentes tratamientos por bloques.

El maíz se sembró a una distancia de 0,3 m entre plantas y 1,5 m entre surcos debido a la pendiente del lugar, sembrando dos semillas de maíz en cada espacio para garantizar la germinación, pasados 15 días en aquellos sitios con dos plantas se eliminó una dejando la más vigorosa. Cada unidad experimental aproximadamente contó con una dimensión de 1 ancho x 1,8 m de largo y 0,5 m entre cada unidad experimental.

El total de plantas evaluadas son 80, 20 plantas por cada tratamiento, de la siguiente manera (figura 2), en la que cada ícono de maíz representa las plantas por sitio, a estas plantas se les realizó seguimiento hasta la cosecha.

Figura 2*Diseño de las Unidades Experimentales*

Nota. Diseño por unidad experimental

Establecimiento del Ensayo

Para la elaboración del tratamiento 3, mucílago fermentado, este se obtuvo del desengrullado de las mazorcas de cacao, este mucílago fue dejado en una botella de plástico de capacidad, con capacidad de 1 litro, durante 15 días para su fermentación anaerobia, cabe recalcar que se hicieron revisiones periódicas para destaparlo y que el gas efecto de la fermentación se evaporara evitando que posiblemente estallara la botella. Esta fermentación inicio pasados 15 días de ser sembrado el maíz, para que estuviera 15 días fermentado y ser aplicado al mes de desarrollo del cultivo; pasados los 15 días de fermentado el mucílago es mezclado con agua en proporción 50 ml de mucílago en 1000 ml de agua para una concentración del 5%, donde a cada planta se suministra 200 ml de solución de forma edáfica. Una vez aplicado el mucílago al 5 % (T3) se inicia de nuevo el proceso de fermentación durante 15 días para que pasados 15 días pueda ser aplicado de nuevo y así sucesivamente hasta la cosecha, aplicándose cada 15 días teniendo cuatro repeticiones para los 3 meses del ciclo productivo del maíz.

Para el mucílago fresco 5 % (T2) se obtuvo el mucílago del desengrullado de las mazorcas de cacao y este es diluido en la misma concentración que el mucílago fermentado, 50 ml de mucílago fresco en 1000 ml de agua y aplicando de forma edáfica 200 ml de esta solución por cada planta. Los tratamientos de mucílago fueron aplicados en las primeras horas del día.

Para el T4 se picaron las cáscaras frescas de las mazorcas de cacao desengrulladas en el T2, y fueron picadas de forma manual lo más finamente posible con un machete; esta cáscara fue aplicada alrededor de cada planta.

Con la finalidad de hacer más sencilla la identificación de los tratamientos se colocó colores por cada uno de la siguiente manera (ver apéndice D):

Tabla 1

Identificación de Tratamientos

T1 Testigo: color blanco	
T2 Mucílago fresco 5%: color negro	
T3: Mucílago fermentado 5%: color amarillo	
T4: Cáscara picada: color rojo	

Nota. Asignación de colores por tratamiento.

Tratamientos

Los tratamientos para evaluar y sus dosis son presentados en la tabla 1

Tabla 2*Tratamientos y Dosis Aplicados en el Maíz*

Tratamiento	Dosis
T1: Testigo	0
T2: Mucílago fresco 5%	200 ml solución / planta
T3: Mucílago fermentado 5%	200 ml solución / planta
T4: Cáscara picada	200 gr / planta

Nota. Dosis por cada uno de los tratamientos aplicados en cada planta.

Método.**Medición del rendimiento de producción del maíz blanco SV 7019**

Para llevar a cabo el seguimiento del desarrollo de las plantas de maíz se tomarán los datos de las siguientes variables:

- Variable 1: Altura de las plantas. La altura de las plantas es tomada desde la base del suelo hasta la yema terminal, llevando su registro en una planilla desde el primer mes y luego cada 15 días.
- Variable 2: Número de mazorcas por planta. Esta variable será analizada desde que se observe la aparición de las mazorcas y luego cada 15 días, realizando un conteo mediante la observación y es recopilada la información en una planilla.
- Variable 3: Peso de las mazorcas. Una vez realizada la cosecha se pesaron las mazorcas cosechadas por cada planta, recopilando la información en una planilla.

La información de la variable 1 (altura de la planta) fue tomada en cada aplicación de los tratamientos, es decir, al cumplir el primer mes y luego cada 15 días, la variable 2 (número de mazorcas por planta) fue tomada a partir de la aplicación de tratamientos donde se observó la

aparición de las mazorcas y la variable 3 (peso de las mazorcas) fue tomado en la cosecha. Cada una de las variables se tomó en 5 plantas por cada unidad experimental.

Desarrollo de actividades

Tabla 3

Cronograma de Actividades

Actividad	Mes 1		Mes 2		Mes 3	
	0 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
Deshierbe	X					
Preparación del terreno	X					
Siembra	X					
Aplicación de tratamientos		X	X	X	X	X
Medición de indicadores		X	X	X	X	X
Control de arvenses				X		
Cosecha						X

Nota. Labores culturales que requiere el cultivo según su desarrollo.

Resultados y Discusión

Para analizar la información recolectada en campo se registra cada variable tomando el promedio de los datos por cada tratamiento según el último registro.

Tabla 4*Variable 1: Altura de las Plantas (cm)*

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Bloque 1	205	183	210	194
Bloque 2	202	218	181	180
Bloque 3	187	224	189	184
Bloque 4	204	227	216	200

Nota. Se muestra la altura de las plantas en promedio en cada una de las unidades experimentales.

Tabla 5*Variable 2: Número de mazorcas*

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Bloque 1	2	2	1	1
Bloque 2	1	2	1	1
Bloque 3	1	2	1	1
Bloque 4	1	1	2	1

Nota. Se muestra el numero mazorcas promedio de cada una de las unidades experimentales.

Tabla 6*Variable 3: Peso de Mazorcas (kg)*

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Bloque 1	1,7	1,5	1,7	1,5
Bloque 2	1,5	2	1,8	1
Bloque 3	1,7	2,5	1,5	2
Bloque 4	2	2,5	1,5	2,5

Nota. Se muestra el peso de las mazorcas tomado por cada una de las unidades experimentales.

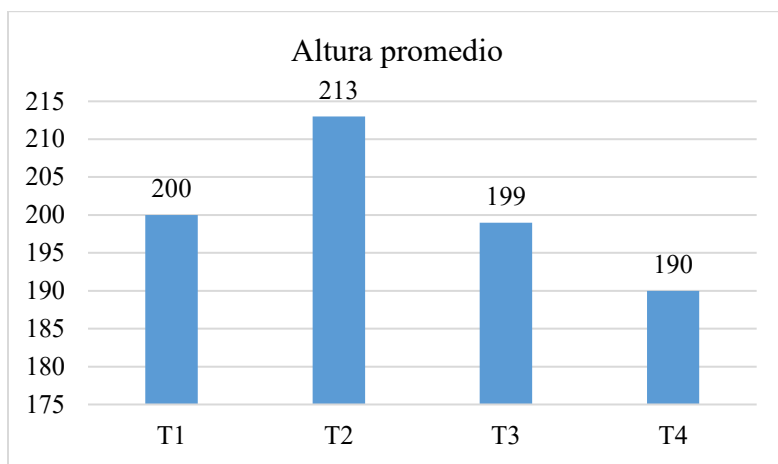
La información recolectada por variable en la última toma de datos se relaciona en la siguiente tabla mediante promedio para cada tratamiento.

Tabla 7*Resultados de Variables Evaluadas*

Variables	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Altura de planta (cm)	200	213	199	190
Número de mazorcas	1	2	1	1
Peso de mazorcas (kg)	1,7	2,1	1,6	1,8

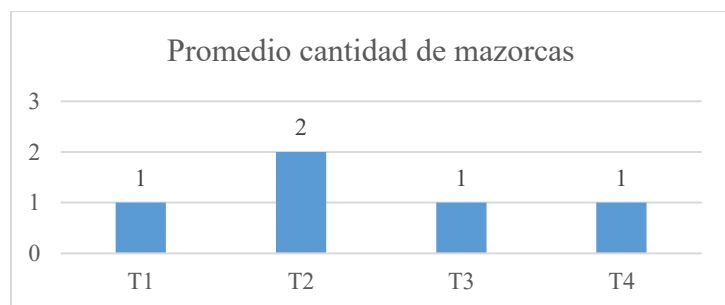
Nota. Promedio de las variables tomadas por cada tratamiento.

Variable 1. Altura de plantas: Según la tabla anterior se logra observar que la mayor altura en promedio de las plantas se obtuvo en el T2 en el que se aplicó el mucílago fresco en una concentración del 5% obteniendo una altura promedio de 213 cm. La menor altura se observa en el T4 en el que se aplicó 200 gr de cáscara picada por planta obteniendo un promedio de 190 cm de altura. Los T1 (Testigo) y T3 (Mucílago fermentado 5%) mostraron un resultado similar teniendo un promedio de 200 cm y 199 cm de altura respectivamente.

Figura 3*Altura Promedio Plantas (cm)*

Nota. Altura promedio de las plantas por cada tratamiento.

Variable 2. Número de mazorcas: según la tabla 7 acerca de los resultados de las variables se observa que el T2 donde se aplicó mucílago fresco al 5% se obtuvo la mayor cantidad de mazorcas obteniendo un promedio de 2 mazorcas por planta, mientras que para los demás tratamientos (T1, T3 y T4) se obtuvo un promedio de 1 mazorca por planta.

Figura 4*Promedio Mazorcas*

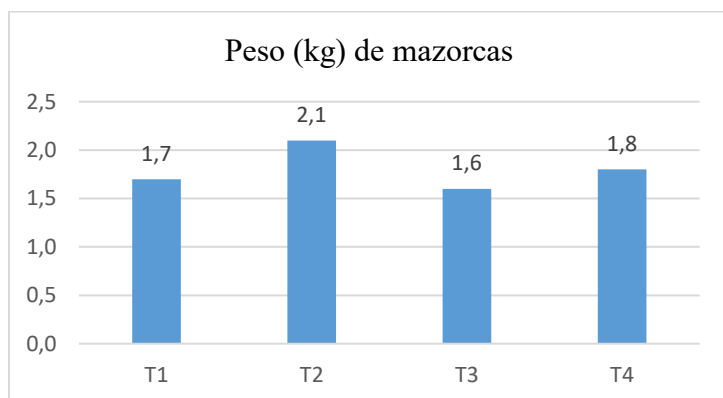
Nota. Promedio de mazorcas por tratamiento

Variable 3. Peso de mazorcas: teniendo en cuenta la tabla 7 se puede observar que el mayor peso de mazorcas se obtuvo en el T2 en el que se aplicó el mucílago fresco al 5%

obteniendo un peso promedio de 2,1 kg y se observa que el menor peso promedio se obtuvo en el T3 en el que se aplicó el mucílago fermentado al 5% obteniendo un peso promedio de 1,6 kg. Para el T1(testigo) se obtuvo un peso promedio de 1,7 kg el cual es muy similar al T4 donde se aplicó la cáscara picada obteniendo un peso promedio de 1,8 kg.

Figura 5

Peso de Mazorcas



Nota. Peso en kilogramos por tratamiento

Conclusiones

En el cultivo de maíz se pudo observar que el mejor rendimiento lo tuvieron las plantas donde se aplicó el T2 Mucílago fresco en una concentración del 5% diluido en agua aplicando a cada planta 200 ml de solución, este tratamiento tuvo la mayor altura de plantas, mayor número de mazorcas y mayor peso, logrando así los mejores resultados en comparación a los demás tratamientos.

Si bien los mejores resultados se obtuvieron en el T2, mucílago fresco, estos rendimientos pudieron ser mejores si se hubiera contado con buena disponibilidad hídrica ya que durante la fase de crecimiento de las plantas de maíz se presentó un periodo de sequía donde la precipitación era muy reducida, aunque se regaba cada semana esto no suplía la necesidad hídrica observándose un engrosamiento reducido en el tallo, además que, en varias plantas de maíz que habían iniciado la formación de una segunda mazorca esta no logró formarse.

Aunque el T4 donde se aplicó la cáscara picada en fresco no obtuvo una altura considerable las plantas si obtuvo el segundo mejor peso promedio de las mazorcas logrando un buen resultado.

La recolección del mucílago en fresco no requiere mayor mano de obra puesto que este se obtiene como resultado de la cosecha del cacao, únicamente se requiere de la adaptación en el cajón fermentador para recolectar este mucílago y posteriormente aplicarlo.

Debido a que los mejores resultados se obtuvieron en la aplicación del mucílago en fresco si vale la pena su aplicación ya que no requiere mayor mano de obra en la fabricación, únicamente requiere de mano de obra en la aplicación del mucílago.

Recomendaciones

Es necesario que las plantas de maíz cuenten con la suficiente disponibilidad hídrica para evitar el estrés y así garantizar una mejor producción, por ello, si las condiciones climáticas desfavorecen la disponibilidad hídrica se recomienda la implementación de un sistema de riego periódico que pueda favorecer el desarrollo de las plantas, este riego debe tenerse en cuenta según la precipitación en esos días y la capacidad de campo del suelo.

Es importante evaluar la aplicación del mucílago en una mayor concentración con el fin de conocer si se logra efectos positivos o por el contrario si llega a afectar el desarrollo de la plantación.

Se recomienda evaluar la reacción de las plantas de maíz a una aplicación de mayor cantidad y en un periodo más corto de la cáscara de cacao en fresco ya que esta tiene una descomposición rápida y puede ser aprovechada por la planta. En caso de contar con un cultivo más extenso de maíz para el picado de la cáscara de cacao se recomienda la adquisición de una máquina que realice este proceso con el fin de reducir costos por mano de obra.

Referencias Bibliográficas

- Ávila J, Martínez D & Rivas F (2023) *El cultivo del maíz. Generalidades y sistemas de producción en el Noroeste*.
<https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20MAIZ.pdf>
- Fenalce (2019) *Maíz para Colombia visión 2030*. <https://fenalce.co/wp-content/uploads/2021/10/Maiz-para-Colombia.pdf>
- Calvache M, Nieto Z & Potosí S (2023) *Residuos aprovechables de la agrocadena del cacao: Una revisión con enfoque a la sostenibilidad gastronómica*.
https://www.researchgate.net/publication/376077980_Residuos_aprovechables_de_la_agrocade_del_cacac_Una_revision_con_enfoque_a_la_sostenibilidad_gastronomica_Usa_Usa_residues_of_the_cocoa_agriculture_chain_A_review_with_a_focus_on_gastronomic_sustaina/link/6569062bb1398a779dc7f46d/download?_tp=eeyJj250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Cueva C (2018) “*Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “Pleurotus Ostreatus”, en la comunidad la Magdalena de Francisco de Orellana”*
- Castro Y (2023) *Extracción y procesamiento del mucilago de cacao (Theobroma cacao L.), y su uso en el campo agrícola*. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14850/E-UTB-FACIAG-AGRON-000078.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Deras H (2020) *Guía técnica: el cultivo de maíz*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>

García A & García J (2022) *Producción de Maíz, mediante el abonamiento al suelo con agua miel de cacao, Tarapoto 2022.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111958>

Sánchez D, Rodríguez W, Castro D & Trujillo E. (2019) *Respuesta agronómica de mucilago de cacao (Theobroma cacao L.) en cultivo de maíz (Zea mays L.)*

<http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v10n2/0121-7488-cide-10-02-43.pdf>

Secretaria de agricultura (2020) *Plan departamental de extensión agropecuaria.*

<https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/PDEA-Santander-2020-2023.pdf>

Semillas Valle S.A (2024) *Semillas.* <https://semillasvalle.com/site/semillas/maiz/colombia/>

Simón M & Golik S (2018) *Cereales de verano.*

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68613/Documento_completo.pdf-](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68613/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/68613/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Valladares C (2020) *Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano.*

[https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/unidad-ii-taxonomia-](https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf)

[botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf](https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf)

Apéndices

Apéndice A

Análisis de Suelo



Fertilizantes : Químicos
Químico Orgánicos
Líquidos

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

CLIENTE	Ludy Rojas	MUNICIPIO	Rionegro	VEREDA	
FINCA	El Mango	CULTIVO	Cacao, cítricos siembra	FECHA	29-01-2025

RESULTADOS

PARAMETRO	RESULTAD	UNIDAD	REFERENCIA	COMPARATIVO			METODO
				BAJO	MEDIO	ALTO	
pH	6,19		Medio	4-6,5	6,6-7,3	>7,3	Electrométrico phmetro
C.O.	0,59	%	Bajo	<1,70	1,7-2,9	>2,97	Valoración Walkley Black
MAT . ORG.	1,03	%	Bajo	<3,0	3,0-5,0	>5,0	Valoración Walkley Black
C.E.	0,17	dS/m	Bajo			>2,5	Electrométrico Conductivimetro
C.I.C.	32,28	Meq/100 gr	Alto	< 10	10-20	>20	Valoración Acetato de Amonio
POTASIO	0,08	Meq/100 gr	Bajo	<0,20	0,2-0,4	>0,4	Refractometría
CALCIO	11,25	Meq/100 gr	Alto	<3,0	3,0-6,0	>6,0	Colorimétrico
MAGNESIO	5,95	Meq/100 gr	Alto	<1,5	1,5-2,7	>2,7	Colorimétrico
ALUMINIO	N.D.	Meq/100 gr	Bajo			>0,5	Valoración Extracción KCl
FOSFORO	17,95	ppm	Bajo	<20	20-40	>40	Colorimétrico Bray 2
AZUFRE	1,98	ppm	Bajo	<5,0	5,0-15	>15	Turbidimétrico
HIERRO	54,08	ppm	Alto	<25	25-50	>50	Colorimétrico
BORO	0,09	ppm	Bajo	<0,20	0,2-0,4	>0,4	Colorimétrico
ZINC	1,18	ppm	Bajo	<2,5	2,5-5,0	>5,0	Colorimétrico
COBRE	0,27	ppm	Bajo	<1,0	1,0-2,5	>2,5	Colorimétrico
MANGANESO	6,48	ppm	Medio	<1,1	5,0-10	>10,0	Colorimétrico
ARENA	47,00	%					Bouyoucos
ARCILLA	24,00	%					Bouyoucos
LIMO	29,00	%					Bouyoucos
TEXTURA	Franco						Bouyoucos

REL DE CATIONES	VALOR CALC	REFERENCIA	BAJO	MEDIO	ALTO	% DE SATURACION	VALOR	REFERENCIA
REL Ca/Mg	1,89	Bajo	<3	3,0-6,0	>6,0	% SAT POTASIO	0,46	Muy Bajo
REL Ca/K	140,63	Muy Alto	<15	15-30	>30	% SAT CALCIO	65,10	Medio
REL Mg/K	74,38	Muy Alto	<10	10-15	>15	% SAT MAGNESIO	34,43	Muy Alto
REL Ca+Mg/K	215,00	Muy Alto	<20	20-40	>40	% SAT ALUMINIO	0,00	Bajo

Químico JULIO CESAR ANTOLINEZ GÓMEZ Tarjeta .Profesional. P.Q. 1160
Especialista en fertilizantes y medio ambiente U.A.M. (España)

Fabrica y Laboratorio Km. 27 vía al mar. Portachuelo. Rionegro. Telefax 6897439.
Cel. 315 6355484 -315 634 86 97

Apéndice B

Adecuación del terreno



Adecuación del lote



Siembra



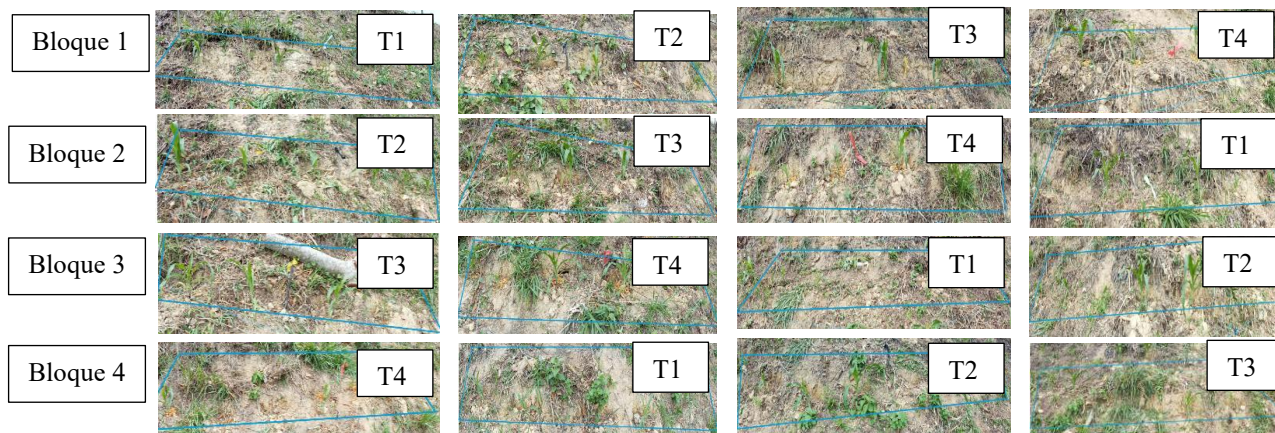
Riego



Fermentación del mucílago

Apéndice C

Diseño de Bloques



Apéndices D

Identificación de Tratamientos por Colores



Apéndice E

Primer Aplicación de los Tratamientos

- Preparación y aplicación del Tratamiento 2: mucílago fresco 5%



Obtención del mucílago mediante filtrado, dilución de 200 ml de mucílago fresco en 4 litros de agua y aplicación de 200 ml de solución en cada planta del tratamiento.

- Preparación y aplicación del Tratamiento 3: mucílago fermentado 5%



Medición de 200 ml mucílago, dilución en 4 litros de agua para todo el tratamiento, medición y aplicación de 200 ml de solución para aplicar en cada planta.

- Preparación y aplicación del Tratamiento 4: Cáscara picada



Picado de la cáscara de cacao fresca y aplicación de 200 gr a cada planta de maíz.

- Toma de datos Variable 1: Altura de las plantas.



Apéndice F

Segunda Aplicación de los Tratamientos

- Preparación y aplicación del Tratamiento 2: mucílago fresco 5%



Medición de 200 ml de mucílago fresco, dilución de 200 ml de mucílago fresco en 4 litros de agua y aplicación de 200 ml de solución en cada planta del tratamiento.

- Preparación y aplicación del Tratamiento 3: mucílago fermentado 5%



Medición de 200 ml de mucílago fermentado, dilución de 200 ml de mucílago en 4 litros de agua para todo el tratamiento y aplicación 200 ml de solución para aplicar en cada planta.



T4: Cáscara picada.



Toma de datos Variable 1: Altura de las plantas.

Apéndice G

Tercer Aplicación de los Tratamientos



T2: Mucílago fresco 5%



T3: mucílago fermentado 5%



T4: Cáscara picada



Variable 1: Altura de las plantas



Apéndice H

Cuarta Aplicación de los Tratamientos



T2: Mucílago fresco 5%



T3: Mucílago fermentado 5%



T4: Cáscara picada



Variable 1: Altura de las plantas.

Apéndice I

Cosecha



T1



T2



T3



T4



Pesado de mazorcas.

Apéndice J

Análisis de Varianza

- Altura de plantas

```
> mod1 = aov (`Altura de plantas (cm)` ~ Bloque + Tratamiento)
> shapiro.test(residuals(mod1))
```

```
shapiro-wilk normality test
```

```
data: residuals(mod1)
W = 0.93032, p-value = 0.2467
```

Prueba de normalidad: p valor de 0,24 lo que indica que al ser mayor de 0,05 hay distribución normal, es decir que hay una distribución de los datos con respecto a la media.

```
> bartlett.test(`Altura de plantas (cm)` ~ Tratamiento)
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: Altura de plantas (cm) by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.8371, df = 3, p-value = 0.4174
```

Homogeneidad de varianzas: P valor es 0,41 por lo que al ser mayor que 0,05 cumple normalidad de homocedasticidad

```
> summary(mod1)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	1	352.8	352.8	1.774	0.210
Tratamiento	3	1121.0	373.7	1.879	0.192
Residuals	11	2187.2	198.8		

Análisis de varianza: El p valor del tratamiento es 0,192 por lo que hay diferencia significativa.

```

> duncan.test(mod1, "Tratamiento", console = T)

Study: mod1 ~ "Tratamiento"

Duncan's new multiple range test
for Altura de plantas (cm)

Mean Square Error: 198.8364

Tratamiento, means

          Altura.de.plantas..cm.      std r      se Min Max   Q25   Q50   Q75
T1:Testigo                199.5  8.426150 4 7.050467 187 205 198.25 203.0 204.25
T2:Mucílago fresco 5%      213.0 20.346990 4 7.050467 183 227 209.25 221.0 224.75
T3:Mucílago fermentado 5%  199.0 16.673332 4 7.050467 181 216 187.00 199.5 211.50
T4:Cáscara picada         189.5  9.146948 4 7.050467 180 200 183.00 189.0 195.50

Alpha: 0.05 ; DF Error: 11

Critical Range
      2      3      4
21.94573 22.95415 23.55746

Means with the same letter are not significantly different.

          Altura de plantas (cm) groups
T2:Mucílago fresco 5%      213.0      a
T1:Testigo                199.5      a
T3:Mucílago fermentado 5%  199.0      a
T4:Cáscara picada         189.5      a

```

Las medias con la misma letra no son estadísticamente significativas

```

> TukeyHSD(mod1)
  Tukey multiple comparisons of means
  95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = `Altura de plantas (cm)` ~ Bloque + Tratamiento)

$Tratamiento
              diff      lwr      upr      p adj
T2:Mucílago fresco 5%-T1:Testigo      13.5 -16.5078 43.5078 0.5505898
T3:Mucílago fermentado 5%-T1:Testigo    -0.5 -30.5078 29.5078 0.9999518
T4:Cáscara picada-T1:Testigo     -10.0 -40.0078 20.0078 0.7510000
T3:Mucílago fermentado 5%-T2:Mucílago fresco 5% -14.0 -44.0078 16.0078 0.5222647
T4:Cáscara picada-T2:Mucílago fresco 5%   -23.5 -53.5078  6.5078 0.1439092
T4:Cáscara picada-T3:Mucílago fermentado 5%   -9.5 -39.5078 20.5078 0.7778981

```

El p valor al ser mayor a 0,05 en todas las comparaciones indica que no hay diferencia significativa.

- Número de mazorcas

```

> mod2 = aov (`Numero de mazorcas` ~ Bloque + Tratamiento)
> shapiro.test(residuals(mod2))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(mod2)
W = 0.94952, p-value = 0.4821

```

p valor de 0,48 hay distribución normal.

```
> bartlett.test(`Numero de mazorcas`~ Tratamiento)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Numero de mazorcas by Tratamiento
Bartlett's K-squared = Inf, df = 3, p-value < 2.2e-16

> summary(mod2)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Bloque    1  0.1125  0.1125   0.579  0.463
Tratamiento  3  1.1875  0.3958   2.037  0.167
Residuals 11  2.1375  0.1943
```

Cumple normalidad de homocedasticidad

```
> duncan.test(mod2, "Tratamiento", console = T)

study: mod2 ~ "Tratamiento"

Duncan's new multiple range test
for Numero de mazorcas

Mean Square Error:  0.1943182

Tratamiento, means

      Numero.de.mazorcas std r      se Min Max  Q25 Q50  Q75
T1:Testigo           1.25 0.5 4 0.2204077  1  2 1.00  1 1.25
T2:Mucílago fresco 5%  1.75 0.5 4 0.2204077  1  2 1.75  2 2.00
T3:Mucílago fermentado 5%  1.25 0.5 4 0.2204077  1  2 1.00  1 1.25
T4:Cáscara picada      1.00 0.0 4 0.2204077  1  1 1.00  1 1.00

Alpha: 0.05 ; DF Error: 11

Critical Range
      2      3      4
0.6860548 0.7175796 0.7364398

Means with the same letter are not significantly different.

      Numero de mazorcas groups
T2:Mucílago fresco 5%      1.75  a
T1:Testigo           1.25  ab
T3:Mucílago fermentado 5%  1.25  ab
T4:Cáscara picada      1.00  b
```

Las medias con la misma letra no son estadísticamente significativas

```

> TukeyHSD(mod2)
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = `Numero de mazorcas` ~ Bloque + Tratamiento)

$Tratamiento
              diff      lwr      upr    p adj
T2:Mucílago fresco 5%-T1:Testigo      0.50 -0.4380867 1.4380867 0.4153519
T3:Mucílago fermentado 5%-T1:Testigo  0.00 -0.9380867 0.9380867 1.0000000
T4:Cáscara picada-T1:Testigo        -0.25 -1.1880867 0.6880867 0.8521027
T3:Mucílago fermentado 5%-T2:Mucílago fresco 5% -0.50 -1.4380867 0.4380867 0.4153519
T4:Cáscara picada-T2:Mucílago fresco 5%  -0.75 -1.6880867 0.1880867 0.1332542
T4:Cáscara picada-T3:Mucílago fermentado 5%  -0.25 -1.1880867 0.6880867 0.8521027

```

El p valor al ser mayor a 0,05 en todas las comparaciones indica que no hay diferencia significativa.

- Peso de mazorcas (kg)

```

> mod3 = aov(`Peso de mazorcas (kg)`~ Bloque + Tratamiento)
> shapiro.test(residuals(mod3))

```

shapiro-wilk normality test

```

data: residuals(mod3)
w = 0.97111, p-value = 0.8562

```

p valor de 0,85 hay distribución normal.

Bartlett homogeneidad de varianzas

```

> bartlett.test(`Peso de mazorcas (kg)`~ Tratamiento)

Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Peso de mazorcas (kg) by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 6.2978, df = 3, p-value = 0.09799

> summary(mod3)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Bloque   1  0.7411   0.7411   5.859  0.034 *
Tratamiento 3  0.5769   0.1923   1.520  0.264
Residuals 11  1.3914   0.1265

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
>

```

Cumple normalidad de homocedasticidad

```

> duncan.test(mod3, "Tratamiento", console = T)

Study: mod3 ~ "Tratamiento"

Duncan's new multiple range test
for Peso de mazorcas (kg)

Mean Square Error: 0.1264886

Tratamiento, means

      Peso.de.mazorcas..kg.      std r      se Min Max  Q25  Q50  Q75
T1:Testigo                  1.725 0.2061553 4 0.1778262 1.5 2.0 1.650 1.70 1.775
T2:Mucílago fresco 5%       2.125 0.4787136 4 0.1778262 1.5 2.5 1.875 2.25 2.500
T3:Mucílago fermentado 5%   1.625 0.1500000 4 0.1778262 1.5 1.8 1.500 1.60 1.725
T4:Cáscara picada           1.750 0.6454972 4 0.1778262 1.0 2.5 1.375 1.75 2.125

Alpha: 0.05 ; DF Error: 11

Critical Range
      2      3      4
0.5535131 0.5789474 0.5941639

Means with the same letter are not significantly different.

      Peso de mazorcas (kg) groups
T2:Mucílago fresco 5%           2.125  a
T4:Cáscara picada               1.750  a
T1:Testigo                      1.725  a
T3:Mucílago fermentado 5%       1.625  a

```

Las medias con la misma letra no son estadísticamente significativas

```

> TukeyHSD(mod3)
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = `Peso de mazorcas (kg)` ~ Bloque + Tratamiento)

$Tratamiento
      diff      lwr      upr      p adj
T2:Mucílago fresco 5%-T1:Testigo  0.400 -0.3568538 1.1568538 0.4222067
T3:Mucílago fermentado 5%-T1:Testigo -0.100 -0.8568538 0.6568538 0.9776435
T4:Cáscara picada-T1:Testigo  0.025 -0.7318538 0.7818538 0.9996255
T3:Mucílago fermentado 5%-T2:Mucílago fresco 5% -0.500 -1.2568538 0.2568538 0.2496434
T4:Cáscara picada-T2:Mucílago fresco 5% -0.375 -1.1318538 0.3818538 0.4743583
T4:Cáscara picada-T3:Mucílago fermentado 5%  0.125 -0.6318538 0.8818538 0.9580850

```

El p valor al ser mayor a 0,05 en todas las comparaciones indica que no hay diferencia significativa.