UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

EFICIENCIA DEL CONTROL ETOLÓGICO DEL BARRENADOR ADULTO *(Diatraea saccharalis)* DE LA CAÑA SOCA *(Saccharum officinarum* L*)*, CON TRES TIPOS DE FERMENTOS, EN MATIAVI BAJO.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

Autor:

Danny Jhonatan Punina Chela

Tutor:

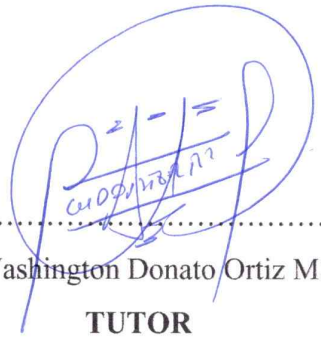
Ing. Washington Donato Ortiz. M.Sc.

Guaranda – Ecuador

2025

EFICIENCIA DEL CONTROL ETOLÓGICO DEL BARRENADOR ADULTO *(Diatraea saccharalis)* DE LA CAÑA SOCA *(Saccharum officinarum* L*)*, CON TRES TIPOS DE FERMENTOS, EN MATIAVI BAJO.

REVISADO Y APROBADO POR:



.....

Ing. Washington Donato Ortiz MSc.

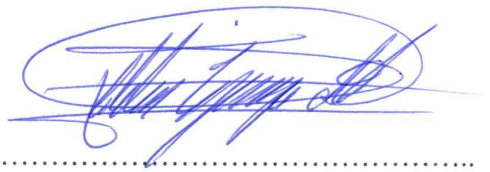
TUTOR



.....

Ing. Deysi Guanga Chunata Mg.

DOCENTE LECTOR



.....

Ing. Klever Espinoza Mora Mg.

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Danny Jhonatan Punina Chela con C.I 020235637- 4, declaró que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Danny Jhonatan Punina Chela
Autor
Cl: 020235637- 4

Ing. Washington Donato Ortiz MSc.
Tutor
Cl:180196455-0

Notaría Tercera del Cantón Guaranda
Msc.Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario

....rio

No. ESCRITURA	20250201003P02724

DECLARACION JURAMENTADA
OTORGADA POR:
DANNY JHONATAN PUNINA CHELA
CUANTIA: INDETERMINADA
DI: 2 COPIAS HR
FACTURA: 001-005-000003799

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día diecisiete de Octubre del dos mil veinticinco **ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda**, comparecen los señores **DANNY JHONATAN PUNINA CHELA, soltero 0982070078** por sus propios derechos. El compareciente es de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, domiciliado en esta ciudad de Guaranda, hábil e idóneo para contratar y obligarse a quien de conocerlos doy fe, en virtud de que me han exhibido sus documentos de identificación, bien instruido por mí el Notario, en el objeto y resultados de esta escritura, advertidos de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración bajo juramento declaran lo siguiente Previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo manifestó que los criterios e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado: EFICIENCIA DEL CONTROL ETOLÒGICO DEL BARRENADOR ADULTO (*Diatraea saccharalis*) DE LA CAÑA SOCA (*Saccharum officinarum* L), CON TRES TIPOS DE FERMENTOS, EN MATIAVI BAJO. Es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de Autor. Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad la misma que la hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue al compareciente por mí el Notario en unidad de acto, aquel se afirma y se ratifican de todo lo expuesto y para constancia firma conmigo en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta Notaria, la presente declaración, de todo lo cual doy fe.-

DANNY JHONATAN PUNINA CHELA
C.C. 0202356374

AB.HENRY ROJAS NARVAEZ
NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA
EL Nota.....

Danny Jhonatan Punina Chela

CO_ ET_POLILLA_BA.docx

My Files
My Files
Universidad Estatal de Bolivar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:514676182

Fecha de entrega
18 oct 2025, 8:48 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
18 oct 2025, 9:17 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
CO_ ET_POLILLA_BA.docx

Tamaño del archivo
5.9 MB

82 páginas

16.628 palabras

88.572 caracteres

9% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 18 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

7% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Ing. Washington Donato Ortiz. M.Sc.
TUTOR

DEDICATORIA

A Dios por ser fuente de mi fortaleza, sabiduría y esperanza gracias por darme salud, vida por cuidarme y por cuidar a toda mi familia.

A mis padres Luis Punina y Maria chela por darme su amor incondicional, paciencia y su apoyo constante a lo largo de mi vida. Ustedes han sido mi pilar, y todo lo que soy se los debo a su sacrificio y dedicación gracias por todo el apoyo que he recibido, por el esfuerzo para que yo pueda lograr cada una de mis metas.

A Jhoan Punina, abuelos y demás familiares que han sido mi mayor apoyo gracias por ser parte de mi vida, por ayudarme, por sus palabras de aliento por su cariño. Juntos hemos compartido momentos de alegría y sus presencias siempre ha sido un aliento para seguir en adelante.

Danny

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su presencia en mi vida y ayudarme en la finalización de mi carrera

A mis padres por ayudarme a culminar mis estudios por ser el pilar fundamente en mi vida por su constante apoyo durante toda mi vida y sobre todo durante toda mi carrera.

Agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar y de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía, a sus docentes por brindarme su conocimiento.

Un Agradecimiento muy especial al Ing. Washington Donato Ortiz Msc. en calidad de tutor gracias por el apoyo por su paciencia comprensión ante la circunstancia que se presentaron gracias por su apoyo.

A los ingenieros, Ing. Klever Espinoza y Ing. Deysi Guanga (Pares lectores), quienes con su dedicación y apoyo me impulsaron a culminar el trabajo de investigación. Su dedicación, experiencia y generosidad al compartir sus conocimientos fueron fundamentales para el desarrollo de mi trabajo gracias por sus valiosos comentarios y por siempre estar dispuesto a ayudarme y aportar en mi trabajo.

Agradezco a cada una de mi familia por su amor, por sus consejos por creer en mí y hacer que mi sueño se haga realidad.

Danny

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO **Pag**

CAPÍTULO I 1
1.1. INTRODUCCIÓN 1
1.2. PROBLEMA 3
1.3. OBJETIVOS 4
1.3.1. Objetivo general 4
1.3.2. Objetivos específicos 4
1.4. HIPÓTESIS 5
CAPÍTULO II 6
2. MARCO TEÓRICO 6
2.1. Origen 6
2.2. Importancia 6
2.4. Fenología 7
2.5. Descripción botánica 8
2.5.1. Raíz 8
2.5.2. Tallo 8
2.5.3. Nudo 8
2.5.4. Entrenudo 9
2.5.5. Hoja 9
2.5.6. Inflorescencia 9
2.6. Requerimientos edafoclimáticos 9
2.6.1. Temperatura 9
2.6.2. Humedad 10
2.6.3. Altitud 10
2.6.4. Luminosidad 10
2.6.5. Precipitación 10
2.6.6. Suelo y pH 10
2.7. Manejo del cultivo 11
2.7.1. Preparación de terreno 11
2.7.2. Sistema de plantación 11

2.7.4. Propagación y material vegetal 12
2.7.5. Selección de caña-semilla 12
2.7.6. Fertilización 13
2.7.7. Macronutrientes 13
2.7.8. Micronutrientes 13
2.7.9. Variedades 13
2.8. Plagas y enfermedades 14
2.8.1. Enfermedades 14
- Mancha de ojo o mancha ojival *(Bipolaris sacchari)* 14
- Pokkah Boeng *(Fusarium moniliforme Sheldon)* 14
- Escaldadura foliar *(Xanthomonas albilineans)* 14
- Raya roja *(Xanthomonas rubrilineans)* 14
- Peca amarilla o mancha amarilla *(Mycovellosiella koepkei)* 14

2.8.2. Las principales plagas 15
2.9. Barrenador del tallo *(Diatraea saccharalis)* 15
2.9.3. Ciclo biológico 16
2.9.4. Hábito 17
2.9.5. Daños directos e indirectos del gusano barrenador 17
2.9.6. Métodos para evaluar la incidencia de *(Diatraea saccharalis)* 18
2.9.7. Evaluación de daños 18
2.9.8. Umbral económico 19
2.10. Tipos de controles 19
2.10.1. Control químico 19
2.10.2. Control biológico 20
2.10.3. Control etológico 20
2.10.4. Prácticas culturales 20
2.11. Innovación en estrategias de control 21
2.11.1. Uso de Fermentos 21
- Jugo de caña 21
- Melaza 22
- Suero de leche 22
- Relevancia del control etológico 22

2.11.2. Control biológico 23
2.11.3. Prácticas culturales y rotación de cultivos 23
2.11.4. Feromonas sexuales 23
CAPÍTULO III 24
3. MARCO METODOLÓGICO 24
3.1. Ubicación de la investigación 24
- Localización de la investigación 24
- Situación geográfica y edafoclimáticas 24
- Zona de vida 24
3.2. Metodología 24
3.2.1. Material experimental 24
3.2.2. Factores en estudio 25
3.2.3. Tratamientos 25
3.2.5. Manejo de la investigación 25
- Control de enfermedades 26
- Procedimiento obtención de los fermentos 26
- Aplicación de los fermentos de control 27
- Colocación de trampas 27
- Deshoje 27
3.2.6. Métodos de evaluación (Variables respuestas) 27
- Incidencia de barrenador en planta (IBP) 27
- Número de plantas infectadas (NPI) 27
- Número de larvas por planta (NLP) 27
- Número de nudos afectados (NNA) 28
- Diámetro de larva (DL) 28
- Longitud de larva (LL) 28
- Número de polillas adultas por trampas (NPAT) 28
3.2.7. Tipo de análisis 28
CAPÍTULO IV 29
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
4.1.2 Número de plantas infectadas (NPI) 31

4.1.3 Número de larvas por planta (NLP) 33
4.1.4 Número de nudos afectados (NNA) 35
4.1.5 Diámetro de larva (DL) 37
4.1.6 Longitud de larva (LL) 39
4.1.7 Número de polillas adultas por trampas (NPAT) 41
4.1.8. Análisis de correlación y regresión lineal 44
4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS 46
CAPÍTULO V 47
5.1. CONCLUSIONES 47
5.2. RECOMENDACIONES 48
BIBLIOGRAFÍA 49
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pag.
1	Resultados de los análisis estadísticos en la incidencia de barrenador en planta antes de la aplicación, a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	29
2	Resultados de los análisis estadísticos en el número de planta infectadas antes de la aplicación, a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	31
3	Resultados de los análisis estadísticos en el número de larvas por planta antes de la aplicación, a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	33
4	Resultados de los análisis estadísticos en el número de nudos afectados antes de la aplicación, y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	35
5	Resultados de los análisis estadísticos en el diámetro de larva afectados a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	37
6	Resultados de los análisis estadísticos en la longitud de larva a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	39
7	Resultados de los análisis estadísticos en el número de polillas adultas por trampa a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.	41
8	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de la variable independiente (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre el número de plantas infectadas (variable dependiente Y).	44

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Detalle	Pag.
1	Promedios para la incidencia de barrenador en planta (IBP)	29
2	Promedios para el número de plantas infectadas (NPI)	32
3	Promedios para el número de larvas por planta (NLP)	34
4	Promedios para el número de nudos afectados (NNA)	36
5	Promedios para el diámetro de larva (DL)	38
6	Promedios para la longitud de larva (LL)	40
7	Promedios para el número de polillas adultas por trampa (NPAT)	42

ÍNDICE DE ANEXOS

N° **Detalle**

1 Mapa de la ubicación del ensayo

2 Croquis del ensayo

3 Base de datos de las variables agronómicas evaluadas

4 Fotografías

5 Glosario de términos técnicos

RESUMEN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se considera uno de los cultivos industriales más relevantes a nivel global, especialmente por su versatilidad en la producción de diversos productos y subproductos. Además enfrenta una severa amenaza debido a la infestación por *Diatraea saccharalis*, la polilla del barrenador, que representa una de las principales plagas de este cultivo. Esta plaga tiene un impacto devastador en el rendimiento del cultivo, ya que las larvas perforan los tallos de la caña, reduciendo la calidad del producto y afectando directamente el contenido de azúcar. En la investigación realizada se determinó la eficiencia del control etológico del barrenador adulto de la caña soca con tres tipos de fermentos. Los objetivos planteados fueron: i) Caracterizar la incidencia del barrenador en el cultivo de caña. ii) Cuantificar el daño ocasionado por el barrenador en el desarrollo agronómico en el cultivo. iii) Identificar cuál de los fermentos tiene mayor eficiencia en el control etológico. En esta investigación se utilizó una estadística descriptiva e inferencial Se utilizó cuatro tratamientos de controles etológicos cada uno con 8 trampas: T1 Jugo de caña, T2 melaza, T3 suero de leche y T4 un grupo sin control. La evaluación se desarrolló en etapas, antes, a los 30 y 90 días después de la aplicación. El tipo de análisis, prueba de Fisher al 5%, prueba de Tukey al 5%, máximos, mínimos, media general y análisis de correlación y regresión lineal. Se evaluaron diversas variables, como: indicencia de barrenador por planta (IBP), número de plantas infectadas (NPI), número de larvas por planta (NLP), número de nudos afectados (NNA), diámetro de larva (DL), Longitud de larvas (LL) y número de polillas adultas por trampa (NPAT). Se observó que el T2 con el control etológico de melaza mostró la mayor efectividad en la reducción de la población de barrenador de la caña de azúcar, logrando una disminución significativa en el número de polillas adultas, larvas por planta, nudos afectados, diámetro y longitud de larvas. A los 90 días, alcanzando una reducción del 40 % en la captura de polillas adultas lo que evidencia su alta capacidad para interrumpir el ciclo biológico de la plaga. Además de reducir la incidencia en un 54.6%, lo que representa a menos plantas infectadas, superando a T1 (Jugo de caña) y T3 (Suero de leche), los cuales mostraron reducciones parciales del 40 % y 30 %. La aplicación de trampas etológicas con melaza favorece el manejo integrado de plagas (MIP) al disminuir la dependencia de agroquímicos, preservar insectos benéficos y reducir costos de producción, contribuyendo a una producción más sostenible y ecológica de caña de azúcar.

Palabras claves: Barrenador, Soca, Larva, Incidencia, Etológico

SUMMARY

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is considered one of the most important industrial crops globally, especially due to its versatility in the production of various products and byproducts. It also faces a severe threat due to infestation by Diatraea saccharalis, the sugarcane borer moth, which represents one of the main pests of this crop. This pest has a devastating impact on crop yield, since the larvae bore into the cane stems, reducing product quality and directly affecting sugar content. This research determined the efficiency of ethological control of the sugarcane borer with three types of ferments. The objectives were: i) To characterize the incidence of the borer in sugarcane crops. ii) To quantify the damage caused by the borer to agronomic development in the crop. iii) To identify which of the ferments is most efficient in ethological control. In this research, descriptive and inferential statistics were used. Four ethological control treatments were used, each with 8 traps: T1 sugarcane juice, T2 molasses, T3 whey, and T4 a non-control group. The evaluation was developed in stages, before, 30, and 90 days after application. The type of analysis, Fisher's test at 5%, Tukey's test at 5%, maximums, minimums, general mean, and correlation and linear regression analysis. Various variables were evaluated, such as: borer incidence per plant (IBP), number of infected plants (NPI), number of larvae per plant (NLP), number of affected nodes (NNA), larval diameter (DL), larval length (LL), and number of adult butterflies per trap (NPAT). It was observed that T2 with the ethological control of molasses showed the greatest effectiveness in reducing the sugarcane borer population, achieving a significant decrease in the number of adult butterflies, larvae per plant, affected nodes, diameter, and larval length. At 90 days, a 40% reduction in the capture of adult butterflies was achieved, demonstrating its high capacity to interrupt the pest's biological cycle. In addition, the incidence was reduced by 54.6%, which represents fewer infected plants, surpassing T1 (sugarcane juice) and T3 (whey), which showed partial reductions of 40% and 30%. The application of ethological traps with molasses favors integrated pest management (IPM) by reducing dependence on agrochemicals, preserving beneficial insects, and reducing production costs, contributing to a more sustainable and ecological sugarcane production.

Keywords: Borer, Undergrowth, Larva, Incidence, Ethological

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se considera uno de los cultivos industriales más relevantes a nivel global, especialmente por su versatilidad en la producción de diversos productos y subproductos. Entre estos destacan el azúcar, piloncillo, aguardiente y alcohol etílico, que se obtienen mediante la extracción del jugo dulce acumulado en sus tallos. Además, esta planta también se utiliza como materia prima para otros procesos industriales, subrayando su importancia económica y social (Jácome *el al.,* 2023).

En 2020, la producción mundial de caña de azúcar alcanzó aproximadamente 1870 millones de toneladas, con Brasil aportando el 40%, seguido por India con el 20% y China con el 6%. Ese mismo año, se cultivaron alrededor de 26 millones de hectáreas de caña de azúcar en todo el mundo, con un rendimiento promedio de 71 tm/ha. Perú lideró en productividad, alcanzando 123 tm/ha. La caña de azúcar es el cultivo más grande del mundo por cantidad de producción y representa el 79% del azúcar producido a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2020).

En Ecuador, la cosecha de caña de azúcar se realiza principalmente de junio a diciembre, y el 88% de la producción se obtiene en ese periodo. En 2022-2023, la superficie cosechada de caña de azúcar en Ecuador fue de 137678 ha, lo que representa una disminución del 2.6% en comparación con 2022 (ESPAC, 2024).

Las principales áreas productoras incluyen la provincia del Guayas con 75% de la producción nacional, en cantones como Milagro, Naranjal, Coronel Marcelino Maridueña, El Triunfo y Naranjito, además del cantón La Troncal en Cañar con el 19%. Otras provincias como Los Ríos (1%), Loja (2%) entre otras provincias (Corporación Financiera Nacional - CFN, 2021).

En la provincia de Bolívar, el cultivo de caña de azúcar es una actividad agrícola significativa que impulsa la economía local. Se estima que existen alrededor de

5000 ha dedicadas a este cultivo, beneficiando a aproximadamente 2500 a 3000 familias en cantones como Echeandia, Chimbo, San Miguel, Chillanes y Caluma. La producción anual alcanza aproximadamente 18000 tm de tallo fresco de caña de azúcar. Los agricultores locales elaboran diversos productos derivados, como miel, panela granulada, jugos y licores tradicionales, entre ellos el conocido "Pájaro Azul". Eventos como el Festival de la Caña de Azúcar en la parroquia Régulo de Mora destacan la importancia cultural y económica de este cultivo (Espinoza, 2021).

Entre las diferentes estrategias que se pueden emplear para controlar el barrenador están, el monitoreo regular, control biológico, insecticidas, rotación de cultivos, cultivo de plantas repelentes, fertilización equilibrada, trampas, barreras físicas, control etológico (Buriticá, 2021).

En Ecuador, la especie *Diatraea saccharalis*, distribuida ampliamente en las regiones productoras de caña. La implementación de estrategias de control biológico, como el uso de enemigos naturales, ha sido identificada como una alternativa sostenible y eficaz para mitigar su impacto (CINCAE, 2020).

El control etológico mediante trampas de fermentos es una estrategia eficaz y sostenible para manejar poblaciones de *Diatraea saccharalis*. Estas trampas utilizan cebos fermentados que emiten compuestos volátiles capaces de atraer a los adultos de la plaga, especialmente a los machos, interrumpiendo el ciclo reproductivo y reduciendo las poblaciones en campo. Además de ser una técnica amigable con el medio ambiente, permite monitorear la densidad poblacional de la plaga, favoreciendo decisiones oportunas en el manejo integrado (Coello, 2022).

1.2. PROBLEMA

Dentro de las principales amenazas para la producción de caña de azúcar en el Ecuador, destacan los barrenadores del género *Diatraea*. Estas plagas tienen un impacto significativo debido a su amplia distribución y los daños directos que provocan. El control etológico, mediante el uso de trampas con fermentos orgánicos, tiene un enfoque sostenible, su implementación enfrenta varios desafíos. Entre ellos se encuentran la falta de transferencia tecnológica, la escasa capacitación especializada y el acceso limitado a recursos económicos y técnicos por parte de los pequeños productores.

La producción de caña de azúcar particularmente en Matiavi Bajo, enfrenta una severa amenaza debido a la infestación por *Diatraea saccharalis*, que representa una de las principales plagas de este cultivo. Esta plaga tiene un impacto devastador en el rendimiento del cultivo, ya que las larvas perforan los tallos de la caña, reduciendo la calidad del producto y afectando directamente el contenido de azúcar. La infestación por esta plaga genera pérdidas económicas significativas, no solo por la disminución en la producción, sino también por el aumento de los costos asociados a su manejo.

Esta situación es crítica debido a la alta dependencia económica de los agricultores locales en la producción de caña de azúcar, la cual es una fuente de ingresos esencial y un motor económico para la zona. Sin embargo, la carencia de estrategias sostenibles para el manejo efectivo de esta plaga agrava aún más el problema, ya que las prácticas convencionales, basadas en el uso intensivo de agroquímicos, han demostrado ser ineficaces a largo plazo. Esto se debe al desarrollo de resistencia en las poblaciones de plagas, lo que obliga a los agricultores a incrementar la dosis y frecuencia de aplicación de estos productos.

La presente investigación se plantea con el propósito de generar una base científica e informativa para seleccionar el mejor fermento orgánico para el control del barrenador en el cultivo de caña de azucar.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia del control etológico del barrenador adulto de la caña soca con tres tipos de fermentos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la incidencia del barrenador en el cultivo de caña.
- Cuantificar el daño ocasionado por el barrenador en el desarrollo agronómico en el cultivo.
- Identificar cuál de los fermentos tiene mayor eficiencia en el control etológico.

1.4. HIPÓTESIS

Ho: La eficiencia del control etológico del barrenador de la caña soca no depende del tipo de fermento.

Ha: La eficiencia del control etológico del barrenador de la caña soca depende del tipo de fermento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

Tiene su origen en el sudeste asiático y Nueva Guinea. Se cree que fue domesticada hace más de 10000 años en esa región. Desde allí, su cultivo se extendió a la India, donde se perfeccionaron las técnicas de extracción del azúcar. Los árabes introdujeron la caña en el Mediterráneo y el norte de África durante la Edad Media. Luego, con la expansión europea, los portugueses y españoles llevaron la caña de azúcar a América en el siglo XV, estableciendo plantaciones en el Caribe, Brasil y otras regiones tropicales. Hoy en día, la caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes del mundo, siendo Brasil, India y Tailandia (Barco, 2024).

2.2. Importancia

La caña de azúcar es una planta gramínea tropical que se caracteriza por la acumulación de sacarosa en su tallo en el período de maduración teniendo gran importancia nacional y mundial en la producción de azúcar y sus derivados. Tiene una sobresaliente capacidad de adaptación y un elevado potencial de producción y conversión de energía solar. Con sus casi 70 toneladas por ha, se ubica en el primer lugar mundial, tanto por su productividad como por su volumen producido y constituye un alimento de consumo diario en gran variedad de bebidas y alimentos en todo el mundo con aportes calóricos y energéticos importantes para los consumidores (Zambrano, 2020).

2.3. Clasificación taxonómica

Según Gutiérrez (2019), la taxonomía de la caña de azucar es:

Reino:	Plantae
Subreino:	Cormobionta
División:	Magnoliophytina
Clase:	Liliopsida

Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	Saccharum
Especie:	officinarum
Nombre científico	*Saccharum officinarum* L.

2.4. Fenología

El desarrollo de la caña de azúcar se divide en cuatro fases fenológicas principales: establecimiento y brotación, macollamiento, crecimiento vegetativo, y maduración. En la primera fase, el cultivo se establece y comienza la emergencia de los brotes. Durante el macollamiento, que transcurre entre los 90 y 120 días después de la siembra, ocurre una ramificación subterránea de los nudos del brote primario. Este proceso es clave, ya que determina el número de tallos que contribuirán al rendimiento final. Si los macollos se forman tempranamente, suelen desarrollar tallos más robustos y pesados, mientras que los tardíos tienden a no madurar o desaparecer antes de la cosecha. A los 150-180 días, aproximadamente el 50% de los macollos perecen, estabilizándose el número total de tallos (Morte, 2020).

La estructura de la planta está compuesta por tallos, hojas, panícula y semillas en su parte aérea, mientras que las raíces y rizomas forman la sección subterránea. El tallo, que es la parte de mayor interés comercial, almacena sacarosa en cantidades significativas. Su capacidad de acumulación depende de factores como el clima, la variedad, la edad fisiológica de la planta y las características del suelo. El tallo está formado por nudos y entrenudos que contienen yemas y hojas, siendo los entrenudos los responsables de almacenar y transferir la sacarosa. Durante la maduración, los meristemas apicales pueden transformarse en estructuras reproductivas si se induce la floración, aunque este fenómeno no es deseable en cultivos comerciales (Silva, 2022).

La caña de azúcar, como gramínea perenne, presenta un crecimiento continuo hasta que factores como la falta de agua, bajas temperaturas o la floración limitan su

desarrollo. Durante la maduración, condiciones como déficit hídrico o temperaturas bajas favorecen el reposo fisiológico, lo que incrementa la concentración de sacarosa en los tallos. Además, la productividad de los tallos está influenciada por el momento y la altura del corte, ya que la energía acumulada en la base favorece el rebrote. Este factor es crucial para optimizar tanto el rendimiento de los tallos como la producción de azúcar (Collazos, 2020)

El autosombreado que ocurre en la etapa inicial del desarrollo del cultivo puede inhibir el macollamiento y acelerar el crecimiento del tallo principal, afectando la distribución uniforme de los tallos(Romero, 2020).

2.5. Descripción botánica

2.5.1. Raíz

Cumple funciones esenciales como la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes. Se desarrollan dos tipos principales de raíces en el cultivo. Las raíces iniciales, que provienen de la estaca original, son finas, poco profundas y tienen una vida limitada de aproximadamente tres meses tras la plantación. Posteriormente emergen las raíces del brote, que son más gruesas, numerosas y de rápido crecimiento (Velázquez et al., 2020).

2.5.2. Tallo

Es el órgano principal de la caña de azúcar y constituye la fuente de almacenamiento de azúcares. Está formado por una aglomeración de tallos que emergen de las yemas de los brotes subterráneos. Las características del tallo, como su color, diámetro, hábito de crecimiento y número, varían según la variedad. Este no presenta ramificaciones y se compone de segmentos diferenciados llamados nudos y entrenudos, con una sección transversal circular (Martínez et al., 2022).

2.5.3. Nudo

Es una sección compacta y fibrosa que separa los entrenudos en el tallo. Este incluye elementos distintivos como la banda de raíces, anillo de crecimiento, cicatriz de la hoja, anillo y yema, cuya forma y vellosidad sirven como indicadores

para diferenciar las variedades. Los intervalos entre los nudos varían entre 15 y 25 cm; son más espaciados en la parte superior del tallo y más próximos en la base de la planta (Durand & Zamora, 2023).

2.5.4. Entrenudo

Está ubicado entre dos nudos consecutivos, presenta características como forma cilíndrica y colores que varían según la genética y las condiciones ambientales. Su apariencia específica puede ser curvada, cónica o constreñida, dependiendo de la variedad de caña (García et al., 2022).

2.5.5. Hoja

Esta se une al tallo por la base de los nudos y crece de manera alternada. Cada hoja consta de una vaina y una lámina, conectadas por una región llamada cuello, que alberga estructuras como la lígula y las aurículas. Estas características, junto con la forma y disposición de las hojas (péndulas o erectas), son esenciales para diferenciar variedades de caña. Además, la lámina es fundamental para el proceso fotosintético (Navarro, 2021).

2.5.6. Inflorescencia

Es una panícula sedosa y piramidal formada por un eje principal y secundarios, donde se desarrollan las espiguillas. Estas flores hermafroditas presentan androceo y gineceo, y su fruto es un pequeño cariopse. Para que la floración ocurra, deben coincidir condiciones específicas como horas de luz, oscuridad, temperatura, nutrientes y edad de la planta (Barillas, 2020).

2.6. Requerimientos edafoclimáticos

2.6.1. Temperatura

Requiere temperaturas cálidas para un crecimiento óptimo. La temperatura influye en la germinación, el desarrollo vegetativo y la maduración de la caña con rango de temperatura óptima: 25°C - 35°C, mínima aceptable: 18°C (por debajo de esta, el

crecimiento es muy lento), máxima tolerada: 40°C, pero con suficiente humedad en el suelo (Ceballos, 2022).

2.6.2. Humedad

La caña de azúcar pierde grandes cantidades de agua a través de la transpiración, especialmente en la fase de máximo desarrollo del follaje, llegando a consumir entre 5 y 6 mm de agua diarios. Por ello, el cultivo necesita entre 1500 y 2500 mm de agua al año, con una demanda máxima durante el macollaje (Guerra et al., 2020).

2.6.3. Altitud

Se adapta a una amplia variedad de altitudes, pero su rendimiento y contenido de azúcar pueden variar según la ubicación, en zonas bajas (0-500 msnm), la caña crece más rápido, pero puede tener menor acumulación de sacarosa, en zonas medias (500-1500 msnm), el crecimiento es equilibrado y se logra una buena calidad de azúcar, en zonas altas (>100 msnm), el desarrollo es más lento, pero la concentración de sacarosa puede ser mayor (Jácome et al., 2023).

2.6.4. Luminosidad

Se requiere 12 a 14 horas de luz diarias en la fase de crecimiento vegetativo para no proliferar enfermedades y mantener una humedad ambiental (Zapata, 2020).

2.6.5. Precipitación

Necesita una cantidad significativa de agua para un desarrollo óptimo, la cantidad ideal de precipitación varía según la variedad, el suelo y la gestión del riego, pero en general un mínimo de 1200 mm/año (con riego suplementario en períodos secos), óptimo: 1500 - 2500 mm/años bien distribuidos y un máximo de hasta 3,000 mm/año, pero con buen drenaje para evitar anegamientos (Castaño & Salas, 2020).

2.6.6. Suelo y pH

Requiere un suelo fértil con buen drenaje, prefiere suelos franco-arenosos, franco-limosos o franco-arcillosos, con buena aireación, se recomienda al menos un 2-3%

de materia orgánica, puede tolerar un pH de hasta 4.5 en suelos ácidos con correcciones de encalado o hasta 8.5 en suelos alcalinos con enmiendas de yeso agrícola (Barillas, 2020).

2.7. Manejo del cultivo

2.7.1. Preparación de terreno

Al elegir el terreno para sembrar caña de azúcar es importante considerar su uso previo para identificar posibles riesgos biológicos o químicos. Además, se deben evitar o corregir cualquier factor que pueda afectar la productividad o la seguridad del producto, como la panela, miel o forraje.

El sistema más recomendable y utilizado por los agricultores en zonas de ladera es el de labranza mínima o reducida, que consiste en preparar solo los surcos donde se realizará la siembra. Este trabajo puede hacerse manualmente o utilizando un arado de vertedera tirado por bueyes. La principal ventaja de este sistema es que no requiere preparar todo el terreno, lo que ayuda a reducir la erosión y disminuye los costos (Ceballos, 2022).

2.7.2. Sistema de plantación

El sistema de plantación recomendado es el de doble caña en surco corrido. Las cañas son depositadas en el surco y se procede a contarlas en estacas de 2 a 3 yemas. El espesor de la cobertura de la semilla (profundidad) varia, dependiendo de las propiedades del suelo y su estado de humedad; la cobertura debe ser mayor en caso de suelos secos y menor en casos de suelos muy húmedos (Agrocaña, 2021).

2.7.3. Época de plantación

La época de plantación es muy importante y tiene una gran incidencia sobre el rendimiento. Las plantaciones tempranas se realizan entre los meses de febrero y marzo, y las plantas tardías entre julio y setiembre.El retraso en la plantación, además de acortar el periodo de crecimiento, reduce el rendimiento como

consecuencia de las temperaturas bajas, en el caso de plantaciones tempranas, y dificultades para conseguir buena semilla, en el caso de plantaciones tardías.

Si la germinación no ha sido buena, debe realizarse el replante 3 a 4 semanas después de la plantación; esto se debe realizar con cuidado para no dañar las raíces de las yemas germinadas. Si la caña fue plantada muy profundo o se formó una costra dura en el surco debido a grandes lluvias u otros factores, el suelo debe ser removido (Eroski, 2019).

2.7.4. Propagación y material vegetal

El material vegetal que se utiliza para la propagación de este cultivo son los esquejes de los tallos de la caña de azúcar y a éstos se les denomina "semilla". Esta particular siembra consiste en repartir los diferentes esquejes traslapándolos en el surco para posteriormente hacer los cortes necesarios con el objetivo de quedarnos con un material vegetal de unos 50cm de longitud y con 3 o 4 yemas (Barco, 2024).

Las principales características que se persiguen en una variedad son:

- Alta producción (t de caña/ha)
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Buena adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas
- Alto porcentaje en sacarosa y que ésta sea de calidad (ºBrix)
- Mayor porcentaje de extracción
- Resistencia a tumbado
- Alta calidad de producto
- Bajo porcentaje de inflorescencias

2.7.5. Selección de caña-semilla

La caña destinada para semilla debe ser sana. La mejor semilla se obtiene de plantaciones nuevas, de primer año. En el momento de hacer la selección de la caña-semilla es necesario tener cuidado especial con enfermedades como el “carbón”, el mosaico, la escaldadura, la roya y el raquitismo de la soca, que son fácilmente transmitidas a través de del material de plantación (Galeas, 2018).

2.7.6. Fertilización

Requieren una alta fertilidad del suelo y una adecuada nutrición de nitrógeno para prosperar. Se estima que se necesitan entre 130 y 170 kg/ha de nitrógeno real para una producción exitosa. Las aplicaciones de fertilizante deben realizarse en dos etapas: la primera entre 7 y 10 días después de la plantación, y la segunda entre 4 y 6 semanas después. Además, se destaca la importancia del fósforo para el desarrollo radicular y las condiciones de suelo fresco y húmedo, mientras que un exceso de potasio puede causar quemaduras en las puntas de las hojas. La deficiencia de azufre es común en estos cultivos, manifestándose como clorosis intervenal en las hojas más jóvenes (Barillas, 2020).

2.7.7. Macronutrientes

Los macronutrientes se pueden definir como los elementos necesarios en grandes cantidades para asegurar el crecimiento y supervivencia de las plantas. Es importante afirmar que la presencia de una cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no asegura por sí misma la correcta nutrición de las plantas, ya que estos elementos se tienen que encontrar en una forma asimilable para que los cultivos presenten un correcto desarrollo (Coello, 2022).

2.7.8. Micronutrientes

Son elementos esenciales para el desarrollo y salud de las plantas, necesarios en pequeñas cantidades pero fundamentales para funciones vitales. Entre los más importantes se encuentran el Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl). Estos micronutrientes juegan roles clave en procesos como la fotosíntesis, la formación de clorofila, el metabolismo enzimático y regulación de la absorción de otros nutrientes

2.7.9. Variedades

Caben destacar las siguientes variedades: POJ28-78, POJ27-14, CP57-603, PR61-632, V71-51, CC84-75, CC86-45, CC85-47, CC85-92, CC85-23 y CC85-57 (Castro, 2021).

2.8. Plagas y enfermedades

2.8.1. Enfermedades

- **Mancha de ojo o mancha ojival** *(Bipolaris sacchari)*

Las manchas ojivales son manchas alargadas que siguen el sentido de los nervios de las hojas. Presentan un color rojizo rodeado de un halo de color amarillento. En estado más avanzado, los síntomas aumentan apareciendo rayas hacia el extremo de la hoja desde la mancha origen (Eroski, 2019).

- **Pokkah Boeng** *(Fusarium moniliforme Sheldon)*

Los cogollos se retuercen, las bases de los tallos aparecen cloróticas y los tallos propiamente dichos deformados. En la base de las hojas se presentan áreas blanquecinas, y posteriormente aparece una clorosis generalizada en las hojas jóvenes, las que se arrugan y deforman con la consiguiente aparición de necrosis en el tejido foliar (Dinas, 2017).

- **Escaldadura foliar** *(Xanthomonas albilineans)*

Bacteria que se propaga a través de los utensilios de siembra. Por tanto, resulta relativamente fácil que la planta no desarrolle esta enfermedad simplemente con la adecuada higienización de dicho material. Una vez que la planta presente síntomas, se pueden observar rayas estrechas de color blanquecino tanto en hojas como vainas, así como también un lento desarrollo de los tallos (Infoagro, 2018).

- **Raya roja** *(Xanthomonas rubrilineans)*

Provoca rayas rojas que se extienden paralelas a los nervios de la hoja. En casos de infección severa puede provocar incluso la pudrición del cogollo y del tallo (Ramirez, 2019)

- **Peca amarilla o mancha amarilla** *(Mycovellosiella koepkei)*

Las plantas infestadas presentan manchas foliares que se tornan de color rojizo y amarillento. Las hojas se llegan a doblar y secar.

2.8.2. Las principales plagas

La caña de azúcar es susceptible al ataque de diversas plagas que afectan su desarrollo y producción. Entre las más comunes: barrenador de la caña (*Diatraea saccharalis*), mosca pinta (*Aeneolamia* spp.), picudo negro (M*etamasius hemipterus*), trips del azúcar (*Fulmekiola serrata*). El manejo integrado, que incluye monitoreo, control etológico y uso racional de insecticidas, es fundamental para minimizar los daños y garantizar una producción sostenible (Alcón, 2020).

2.9. Barrenador del tallo *(Diatraea saccharalis)*

Se reconoce como la plaga más significativa que afecta los cultivos de caña de azúcar y caña panelera. Su presencia impacta negativamente tanto en el rendimiento como en la calidad del jugo extraído, generando importantes pérdidas económicas en los sistemas productivos (Barco, 2024).

2.9.1. Origen y distribución geográfica del barrenador

El barrenador, *Diatraea saccharalis*, tiene su origen en regiones tropicales de América, siendo una plaga nativa que se ha adaptado exitosamente a diversos climas y cultivos. Originalmente asociada con gramíneas silvestres, esta especie se estableció como una de las principales plagas agrícolas debido a su capacidad para infestar cultivos comerciales, especialmente caña de azúcar. Desde el siglo XX, se ha expandido a otras áreas de América Latina y el Caribe, convirtiéndose en un problema recurrente en regiones productoras de caña de azúcar. Esta especie tiene una de las áreas de dispersión más extensas, abarcando América y el Caribe, donde genera graves daños a la agroindustria azucarera debido a las pérdidas económicas significativas que provoca (Mendoza, 2022).

En Ecuador, *Diatraea saccharalis* es la única especie de su género registrada en cultivos de caña de azúcar y está presente en todas las zonas productoras del país. Su impacto en el rendimiento del cultivo y en los procesos industriales de extracción de azúcar la convierten en una plaga de alta relevancia económica, por los perjuicios que ocasiona tanto en la productividad como en la calidad del producto final (Patishtan *et al.,* 2023).

2.9.2. Taxonomía

Según Barco (2024), la clasificación taxónomica del barrenador es:

Reino:	Animalia
Filo:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Lepidoptera
Superfamilia:	Pyraloidea
Familia:	Crambidae
Género:	Diatraea
Nombre científico:	*Diatraea saccharalis* L.

2.9.3. Ciclo biológico

El insecto *(Diatraea saccharalis)* pasa por los siguientes estadios

Huevo	Las hembras depositan alrededor de 300 huevos organizados en grupos de 5 a 50, con una tonalidad blanco cremosa al inicio que cambia a rojizo o anaranjado con puntos negros antes de la eclosión. Estos suelen colocarse en el limbo foliar, especialmente en la cara dorsal de las hojas. La incubación dura entre 4 y 5 días
Larva	Tras la eclosión, las pequeñas orugas se desplazan entre hojas suspendidas por hilos de seda, alimentándose del parénquima foliar. Posteriormente, excavan galerías en las nervaduras centrales y penetran en el tallo. Las larvas tienen un cuerpo blanco amarillento con manchas marrones, simulando dos líneas dorsales, y una cabeza de color marrón oscuro. Esta etapa incluye cinco instares y dura de 18 a 25 días, alcanzando una longitud de 22 a 25 mm
Pupa	Las pupas, de color marrón oscuro, se localizan en las galerías que las larvas han abierto en el tallo. Antes de entrar en esta fase, las orugas sellan parcialmente la salida con hilos de seda. Inicialmente, las pupas tienen un color marrón claro que se oscurece a medida que se acerca la emergencia del adulto. Este estadio tiene una duración de 10 a 14 días

Adulto	Los adultos son mariposas de pequeño tamaño, con un promedio de vida de 7 días. Tienen un color amarillo pálido y miden entre 20 y 25 mm. Las alas anteriores muestran líneas diagonales que forman una "W" invertida, más pronunciada en los machos. Las hembras son de mayor tamaño que los machos. Este insecto presenta un desarrollo holometábolo (huevo, larva, pupa y adulto), con un ciclo de vida completo que dura entre 53 y 60 días, permitiendo hasta cuatro o cinco generaciones anuales, dependiendo de las condiciones climáticas.

Fuente: (Coello, 2022).

2.9.4. Hábito

Los adultos de *Diatraea saccharalis* son principalmente de hábitos nocturnos. Las hembras depositan sus huevos sobre las hojas o adheridos al tallo. En sus primeros estadios, las larvas se alimentan de tejidos tiernos en el cogollo y luego se desplazan hacia las axilas de las hojas, donde comienzan a perforar y convertirse en barrenadores del tallo. Durante su desarrollo, completan su ciclo dentro del tallo, y antes de pasar a la fase de pupa, crean un orificio en la pared del mismo para facilitar la salida del adulto. Las infestaciones más severas suelen ocurrir en cultivos con siembras tardías o que presentan alta incidencia de malezas (Atencio *et al.,* 2020).

2.9.5. Daños directos e indirectos del gusano barrenador

En términos directos, el barrenador perfora galerías dentro de los tallos, destruye yemas, provoca la muerte del punto de crecimiento y genera pérdidas significativas de sacarosa, reduciendo el contenido de °Brix y el rendimiento por hectárea. Por ejemplo, un 20% de tallos dañados puede resultar en la pérdida de 6 toneladas de caña por hectárea (Mendoza, 2022).

De manera indirecta, este insecto facilita la invasión de hongos como *Physalospora tucumanensis* y *Colletotrichum falcatum*, que degradan la sacarosa y causan problemas de fermentación y decoloración interna en los tallos. Además, su daño estructural genera la caída de las cañas (*acame*), reduce su longitud y grosor, e incrementa la vulnerabilidad a insectos secundarios como *Metamasius*, *Rhynchophorus*, y *Podischnus*. Esto no solo impacta la producción industrial, donde

por cada 1% de daño en los tallos se pierde aproximadamente 0.75 kg de azúcar por tonelada de caña molida, sino que también disminuye la calidad de las cañas como semilla vegetativa (Barco, 2024)

2.9.6. Métodos para evaluar la incidencia de *(Diatraea saccharalis)*

Realizar una evaluación durante la cosecha, seleccionando una muestra aleatoria de 120 tallos completos. El proceso de evaluación debe llevarse a cabo de la siguiente manera:

- Escoger un tallo representativo en el punto de muestreo.
- Retirar la corteza del tallo.
- Contabilizar el total de entrenudos presentes en el tallo.
- Examinar ambas caras del tallo y registrar los entrenudos dañados por el barrenador.
- Anotar los datos en la hoja de registro.
- Tras evaluar los 120 tallos, sumar el total de entrenudos inspeccionados y los dañados por el barrenador.
- Calcular el porcentaje de infestación dividiendo el número de entrenudos dañados entre el total de entrenudos evaluados, multiplicando el resultado por 100.
- Este muestreo debe realizarse durante la cosecha para prevenir pérdidas económicas, ya que una gran cantidad de tallos suele estar involucrada en la muestra (Cruz et al., 2023).

2.9.7. Evaluación de daños

Según Atencio et al., (2020), la metodología actual para evaluar los daños causados por *Diatraea saccharalis* incluye varios parámetros:

- Índice de Daño (ID): Este parámetro mide la proporción de tallos afectados por perforaciones del barrenador, lo que proporciona una visión general rápida sobre la distribución de la plaga en la zona evaluada.

- Intensidad de Infestación (II): Es el parámetro más utilizado para evaluar los daños del barrenador, especialmente en Ecuador y otros países. Este índice está relacionado con el nivel de pérdida del cultivo debido a la infestación.
- Índice de Intensidad de Infestación Interna (III): Este índice se centra en el porcentaje de entrenudos dañados internamente, lo que requiere realizar cortes longitudinales en los tallos. Sin embargo, este método es poco práctico para su aplicación comercial debido a su complejidad.

2.9.8. Umbral económico

El umbral económico para controlar el barrenador de la caña de azúcar se determina considerando el número total de entrenudos y aquellos que están afectados por el barrenador, con el objetivo de estimar el porcentaje de tallos dañados. Este umbral depende principalmente de dos factores: el precio del azúcar y los costos asociados al control de la plaga. En términos de pérdidas, se estima que por cada 1% de daño en los entrenudos, se pierde aproximadamente una tonelada de caña por hectárea. El umbral económico de infestación se establece en un 4% de daño a los entrenudos, lo que indica que por encima de este porcentaje se justifica el control de la plaga (Lezaun, 2020).

2.10. Tipos de controles

2.10.1. Control químico

El control químico mediante insecticidas ha sido una de las estrategias más utilizadas para el manejo de *Diatraea saccharalis*. No obstante, su efectividad a largo plazo es limitada debido a la ap (Reyna, Martínez, Silva, López, & Castillo, 2021)arición de resistencia en las poblaciones de la plaga, lo que puede reducir la eficacia de los productos químicos con el tiempo. Además, el uso continuo de insecticidas genera efectos negativos sobre el medio ambiente, contaminando los suelos y las aguas cercanas, y afectando a organismos no objetivo, como insectos benéficos y fauna silvestre (Sornoza et al., 2020).

2.10.2. Control biológico

El control biológico se presenta como una opción prometedora y más ecológica. Utiliza enemigos naturales de la plaga, como avispas parasitoides (*Cotesia flavipes*) y hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*), que atacan directamente a *Diatraea saccharalis*. Estudios han demostrado que estos organismos pueden reducir significativamente las poblaciones de la plaga, sin dañar el ecosistema ni los cultivos. Este enfoque no solo es más seguro para el medio ambiente, sino que también disminuye la necesidad de aplicar pesticidas, haciendo más sostenible la producción agrícola (Ferrer, 2021).

2.10.3. Control etológico

El control etológico, que incluye el uso de feromonas sexuales para atraer y atrapar a los adultos de *Diatraea saccharalis* o compuestos volátiles derivados de fermentos, se está consolidando como una alternativa innovadora para el manejo de esta plaga. Estas técnicas alteran los comportamientos reproductivos y alimenticios de los insectos, impidiendo su reproducción y reduciendo el número de individuos que causan daño a los cultivos. Este tipo de manejo es considerado altamente eficiente y respetuoso con el ambiente, ya que no implica la aplicación de productos químicos y tiene un bajo impacto sobre otras especies (Arroyo et al., 2020).

2.10.4. Prácticas culturales

Las prácticas culturales incluyen técnicas agronómicas como la rotación de cultivos, la gestión adecuada de residuos agrícolas y la selección de variedades resistentes. Estas prácticas ayudan a interrumpir el ciclo biológico de la plaga, lo que dificulta su propagación. La rotación de cultivos, por ejemplo, evita que la plaga encuentre un entorno favorable para desarrollarse durante todo el año, mientras que la selección de variedades resistentes puede reducir la susceptibilidad de las plantas al daño. Estas estrategias, combinadas con otras, pueden ser fundamentales en la prevención de infestaciones y en la reducción de la necesidad de controles químicos (Garza et al., 2023).

2.11. Innovación en estrategias de control

El manejo integrado de plagas (MIP) ha emergido como una estrategia clave, combinando métodos biológicos, culturales y químicos para controlar *Diatraea saccharalis* de manera más efectiva y menos invasiva. En este enfoque, el control etológico juega un papel crucial debido a su capacidad para interrumpir el comportamiento de la plaga sin dañar el ecosistema. Al integrar diversas herramientas de manejo, el MIP busca no solo reducir el impacto económico de la plaga, sino también minimizar los efectos ambientales y mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola (Ferrer, 2021).

2.11.1. Uso de Fermentos

Los fermentos orgánicos representan una estrategia innovadora y prometedora en el control de *Diatraea saccharalis.* Estos productos se elaboran a partir de materias primas naturales como frutas, residuos agrícolas y microorganismos beneficiosos. Durante su proceso de fermentación, los compuestos volátiles que se liberan pueden actuar como repelentes o alterar el comportamiento de la plaga. Investigaciones recientes han demostrado que ciertos fermentos pueden disminuir considerablemente las infestaciones, interfiriendo en la oviposición de las hembras y desorientando a las larvas en su búsqueda de alimento, lo que reduce el daño al cultivo (Martínez et al., 2024).

- **Jugo de caña**

El jugo de caña, extraído de *Saccharum officinarum,* es rico en azúcares simples, como la sacarosa, glucosa y fructosa, que generan compuestos volátiles durante su fermentación. Estos compuestos atraen a insectos adultos, como las mariposas de Diatraea saccharalis. Además, su alta concentración de carbohidratos facilita una rápida fermentación, generando un olor fuerte y persistente, ideal para maximizar su efectividad en trampas atrayentes. Este método es económico y aprovecha subproductos agrícolas disponibles en las zonas productoras de caña (Guizado, 2022).

- **Melaza**

La melaza, un subproducto del proceso de obtención de azúcar, también es rica en azúcares fermentables. Su viscosidad y densidad hacen que sea una base efectiva para fermentos, ya que prolonga el tiempo de liberación de compuestos volátiles en el campo. Al igual que el jugo de caña, la melaza contribuye a atraer plagas adultas hacia trampas específicas. Además, su uso en mezclas fermentativas ha mostrado resultados prometedores al interrumpir los ciclos de apareamiento al atraer insectos a trampas antes de que puedan reproducirse (Sánchez et al., 2023).

- **Suero de leche**

El suero de leche, un subproducto de la industria láctea, contiene lactosa y proteínas que se descomponen durante la fermentación, liberando ácidos orgánicos y compuestos aromáticos. Este fermento es particularmente efectivo para atraer ciertos insectos adultos debido al aroma complejo que genera. Además, su aplicación como base fermentativa es sostenible, ya que aprovecha un residuo que, de otro modo, sería desechado. Cuando se mezcla con otros ingredientes como melaza o jugo de caña, el suero de leche potencia el efecto atrayente, mejorando la efectividad de las trampas en la captura de mariposas adultas de la plaga (Alcón, 2020).

- **Relevancia del control etológico**

El control etológico representa una aproximación innovadora en el manejo de plagas agrícolas como *Diatraea saccharalis.* Este enfoque se basa en modificar o interrumpir los patrones de comportamiento de la plaga para reducir su impacto. Al interferir en procesos como la búsqueda de pareja, la oviposición y la alimentación, el control etológico minimiza la necesidad de insecticidas químicos, promoviendo un manejo más sostenible y menos agresivo con el ambiente. Una de las técnicas más prometedoras en esta área es el uso de fermentos. Estas sustancias emiten compuestos volátiles que actúan como repelentes o confunden a la polilla del barrenador, reduciendo la infestación en los campos de caña (Sendoya, 2020).

2.11.2. Control biológico

El control biológico, mediante el uso de enemigos naturales de *Diatraea saccharalis*, ha mostrado ser una opción eficaz en varios países productores de caña de azúcar. Agentes biológicos como la avispa parasitoide *Cotesia flavipes* y el hongo *Beauveria bassiana* atacan directamente las larvas o pupas de la plaga, reduciendo significativamente sus poblaciones. Estos métodos no solo resultan eficaces, sino también sostenibles, ya que no afectan negativamente al entorno ni a otros organismos beneficiosos. La liberación controlada de estos agentes en campos infestados se ha demostrado como una técnica útil para el manejo a largo plazo de la plaga (Zelaya et al., 2022).

2.11.3. Prácticas culturales y rotación de cultivos

Las prácticas culturales, como la rotación de cultivos y la eliminación periódica de los residuos de cosecha, son complementarias en la lucha contra *Diatraea saccharalis*. Estas técnicas afectan el ciclo de vida de la plaga, creando condiciones menos favorables para su desarrollo. La rotación de cultivos interrumpe su proliferación al cambiar el tipo de ambiente disponible para sus etapas de desarrollo, mientras que la limpieza regular de los residuos previene que las larvas se alojen en el suelo y continúen su ciclo (Castaño & Salas, 2020).

2.11.4. Feromonas sexuales

El uso de feromonas sexuales en trampas es otra técnica destacada dentro del control etológico. Las feromonas imitan las señales químicas naturales que las hembras emiten para atraer a los machos, interfiriendo en su comportamiento reproductivo. Esta estrategia interrumpe el proceso de apareamiento, lo que, a largo plazo, reduce la población de la plaga en generaciones sucesivas. Cuando se combina con otros métodos, como el control biológico o el uso de fermentos, ha demostrado una efectividad considerable en la reducción de la infestación (Ceballos, 2022).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

- **Localización de la investigación**

Se realizó en la provincia Bolívar, cantón Guaranda, parroquia Salinas, sector Matiavi Bajo, en la direccion Via Salinas – San Luis de Pambil km16.

- **Situación geográfica y edafoclimáticas**

Altitud	1448 msnm
Latitud	1°18'15"S
Longitud	79°08'35"W
Temperatura media anual	12°C
Temperatura máxima	16°C
Temperatura mínima	15°C
Precipitación media anual	501mm
Heliofanía promedio	900 /horas/luz/año
Humedad relativa promedio anual	70%
pH	6.8
Tipo de suelo	Franco arcilloso

Fuente: Clima.com (Clima.com, 2024)

- **Zona de vida**

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdrige la zona corresponde a bosque seco Montano Bajo (bs - MB) (Holdridge, 1979).

3.2.Metodología

3.2.1. Material experimental

Se utilizó plantas de caña de azucar y tres tipos de fermentos

3.2.2. Factores en estudio

Tipos de fermentos

3.2.3. Tratamientos

Se consideró un tratamiento a cada uno de los fermentos, según el siguiente detalle.

Tratamientos	Descripción	Trampas
T1	Jugo de caña	8 trampas
T2	Melaza	8 trampas
T3	Suero de leche	8 trampas
T4	Testigo	(Sin control)

3.2.4. Tipo de diseño experimental o estadístico

Se utilizó una estadística descriptiva e inferencial

3.2.5. Manejo de la investigación

- **Distribución de las unidades experimentales**

Labor que se realizó de acuerdo al mapa de campo, dividiendo la unidad experimental por medio de estacas en cuatro tratamientos, cada uno de los tratamientos constó de 5 hileras con una separación de 2 metros entre surcos.

- **Identificación de plantas evaluadas**

Se selecciono aleatoriamente 10 plantas por tratamiento para su evaluación, se realizó mediante tarjetas plásticas de colores con sus respectivas numeraciones y fueron colocadas en cada una de las plantas del ensayo.

- **Control de malezas**

Se efectuó de forma mecánica, durante el tiempo que duró la investigación.

- **Control de enfermedades**

La aplicación de fosetyl aluminium, se realizó mediante una bomba a motor, asegurando una cobertura completa de la planta. Se empleó una dosis de 1 kg/ha, enfocada en el control de enfermedades como la pudrición del cogollo (*Pythium arrhenomanes*) y podredumbre radicular (*Phytophthora* spp.).

- **Fertilización a base de biol**

Se garantizó un adecuado suministro de nutrientes y compensar los requerimientos del cultivo, se llevó a cabo la aplicación de biol un mes después del inicio de la investigación. La dosis establecida será de **7** l/ha, asegurando una distribución uniforme para optimizar la absorción de nutrientes y fortalecer el desarrollo de las plantas.

- **Procedimiento obtención de los fermentos**

Obtención de fermentos a partir del jugo de caña de azúcar

Se obtuvó mediante molienda y filtrado. El jugo obtenido se sometió a un proceso de reposo durante 72 horas lo que activa la fermentación, dando un calentamiento controlado fue fermentado en condiciones controladas, pH y oxigenación luego se envaso en recipientes.

Obtención de fermentos a partir de melaza

El proceso comenzó con la preparación de una mezcla de melaza diluida en agua (proporción 1:3), para iniciar la fermentación. Esta fermentación, que duro 3 días a temperaturas controladas produce compuestos volátiles atracyentes como etanol y otros metabolitos secundarios. Una vez listo el fermento, se utilizó como cebo en trampas caseras elaboradas con botellas plásticas, donde se virtio la solución fermentada.

Obtención de fermentos a partir de suero de leche

Es la fermentación controlada de suero y agua (2:3). Tras 5 días el fermento generó compuestos volátiles (etanol y ácidos orgánicos) que actúaron como atrayentes.

- **Aplicación de los fermentos de control**

Esta actividad se realizó de acuerdo a los tratamientos establecidos colocando 8 trampas por tratamiento cada trampa obtuvo 1000 ml de cada fermento. El T1 (jugo de caña), T2 (melaza), T3 (suero de leche), y un tratamiento sin control, cada 30 y 90 días se remplazó el fermento con la ayuda de un envase.

- **Colocación de trampas**

Las trampas se instalaron al azar dentro de los tratamientos, distribuyéndolas estratégicamente para maximizar su efectividad en la captura de las polillas adultas. Estas trampas fueron revisadas periódicamente

- **Deshoje**

Esta labor se realizó manualmente, retirando las hojas secas de la caña sin herramientas cortantes para evitar daños, en el periodo de crecimiento de la planta.

3.2.6. Métodos de evaluación (Variables respuestas)

- **Incidencia de barrenador en planta (IBP)**

Se evaluó antes de colocar las trampas, a los 30 y 90 días después de colocar las trampas, en todas las plantas seleccionadas al azar por tratamiento para lo cual se utilizó la fórmula de James.

$$Incidencia\ \% = \frac{\text{número de plantas afectadas}}{\text{número de plantas analizadas}}\ x\ 100$$

- **Número de plantas infectadas (NPI)**

Se registró antes de colocar las trampas, a los 30 y 90 días después de colocar las trampas, la cantidad total de plantas afectadas por la plaga en cada tratamiento.

- **Número de larvas por planta (NLP)**

Se determinó en 10 plantas selecionadas al azar por tratamiento, la cantidad de larvas presentes en cada planta mediante conteo directo antes de colocar las trampas y a los 90 días después de colocar las trampas.

- **Número de nudos afectados (NNA)**

Se registró antes de colocar las trampas y a los 90 días después de colocar las trampas, mediante conteo directo el número de nudos dañados por larvas *Diatraea saccharalis*, por cada una de las 10 plantas seleccionadas al azar

- **Diámetro de larva (DL)**

Dato que fue evaluado a los 30 y 90 días después de colocar las trampas, con la ayuda de un calibrador de vernier se procedió a medir en el tercer segmento abdominal el diámetro de 10 larvas encontradas en el cultivo, los datos fueron expresados en mm.

- **Longitud de larva (LL)**

Se evaluó a los 30 y 90 días después de colocar las trampas, la longitud de 10 larvas en cada uno de los tratamientos con la ayuda de un calibrador de Vernier, se midió desde la cabeza hasta el extremo del abdomen, evitando comprimir el cuerpo y sus datos fueron expresados en cm.

- **Número de polillas adultas por trampas (NPAT)**

Se registró mediante conteo directo la cantidad de polillas adultas a los 30 y 90 días después de colocar las trampas en cada uno de los tres tratamientos, mientras que para el testigo se utilizó el umbral de daño económico en base al número de plantas infestadas y larvas por planta.

3.2.7. Tipo de análisis

- Prueba de Fisher al 5% y 1%
- Prueba del Tukey al 5%
- Máximos, mínimos, media general
- Análisis de correlación y regresión lineal simple

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Incidencia de barrenador en planta (IBP)

Tabla 1

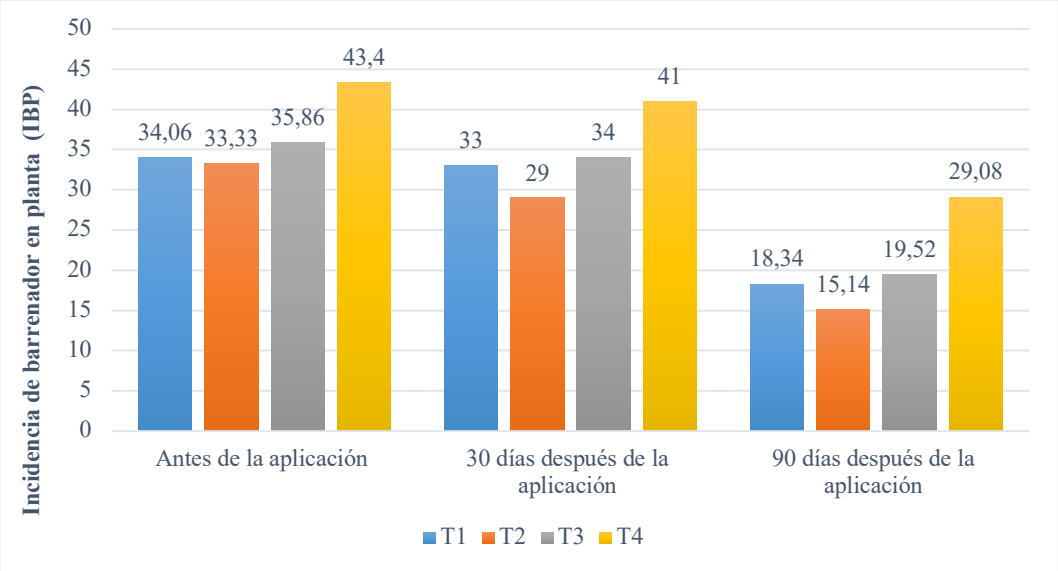
Resultados de los análisis estadísticos en la incidencia de barrenador en planta antes de la aplicación, a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	Antes de la aplicación (**)		30 días después de la aplicación (**)		90 días después de la aplicación (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**
1	34.06	AB	33	AB	18.34	AB
2	33.33	A	29	A	15.14	A
3	35.86	AB	34	AB	19.52	AB
4	43.40	B	41	B	29.08	B
MG:	36.66		34.25		20.52	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general.

Figura 1

Promedios para la incidencia de barrenador en planta (IBP)



Para la incidencia de barrenador en planta, se determinaron diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos antes, a los 30 y 90 días despúes la aplicación de las trampas etológicas, se registró un máximo de 43.4 % de incidencia y mínimo de 33.33 % antes de la aplicación. Mientras que a los 30 días después de la aplicación se evidencio un máximo de 41 y un minimo de 29%. En cambio que a los 90 días de aplicación de las trampas etológicas los valores oscilaron entre un máximo de 29.08% y un mínimo de 15.14% de incidencia de barrenador.

Antes de la aplicación de las trampas etológicas, se observó que el T2 presentó el promedio más bajo de incidencia de barrenador de la caña de azúcar, con un 33.33%, seguido por T1 con 34.06%, mientras que T3 alcanzó 35.86%. El testigo T4, registró la incidencia más alta, con 43.40%.

A los 30 días, se evidenció una reducción en la incidencia del barrenador. El T2 alcanzó 29 %, lo que representa una disminución del 13% . El T1 registró 33 %, equivalente a una reducción del 3.1%, mientras que el T3 obtuvo 34%, con una disminución del 5.2%. En cambio, el testigo (T4) se mantuvo con un promedio alto de 41%. Estos resultados reflejan que la aplicación de trampas etológicas a base de melaza (T2) presentó la mayor eficiencia inicial en el control del barrenador, con una diferencia de 29,3% menos incidencia en comparación con el testigo. A los 90 días, la reducción fue mucho más marcada. El T2 alcanzó nuevamente el valor más bajo, con 15.14%, logrando una disminución total del 54.6% en comparación con su valor inicial. Seguido del T1 con 18.34%, que representó una reducción del 46.2%, mientras que el T3 registró 19.52%, con una reducción del 45.5%. El testigo, por su parte, se mantuvo con una incidencia alta de 29.08%.

Al comparar las evaluaciones se evidenció, que a los 90 días, la diferencia entre el tratamiento más eficiente (T2) y el testigo fue de 47.9% de incidencia, demostrando que la implementación de las trampas etológicas fue determinante en la disminución de la población del barrenador de la caña.

El T2 (Melaza) demostró ser el más eficaz durante todo el período de evaluación, mostrando reducciones progresivas debido a la capacidad de la melaza para generar compuestos volátiles durante el proceso de fermentación, los cuales actúan como

atrayentes naturales para los barrenadores, facilitando su captura y reduciendo su incidencia en el cultivo. Confirmando que la melaza tiene un mejor desempeño como base para trampas etológicas en comparación con el T2 jugo de caña y el T3 suero de leche.

El uso de trampas etológicas no solo reduce la incidencia de plagas, sino que también disminuye la dependencia de insecticidas químicos. Investigaciones previas han reportado resultados similares. Por ejemplo, Torres et al. (2022) encontraron que las trampas a base de melaza redujeron en un 48% la población de barrenadores en caña de azúcar en Colombia.

4.1.2 Número de plantas infectadas (NPI)

Tabla 2

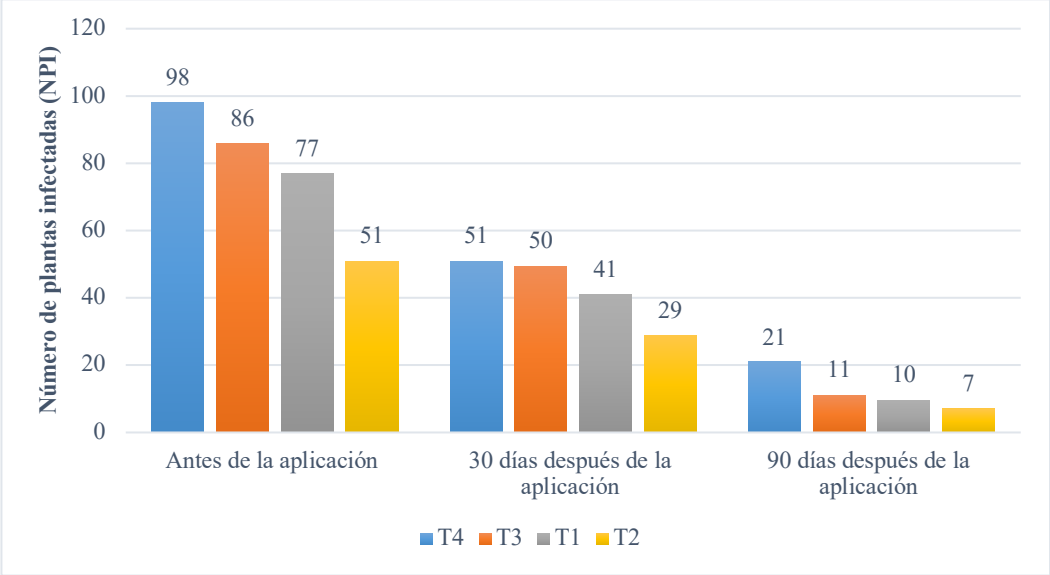
Resultados de los análisis estadísticos en el número de planta infectadas antes de la aplicación, a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	Antes de la aplicación (**)		30 días después de la aplicación (**)		90 días después de la aplicación (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**
1	77	A	41	C	10	B
2	51	BC	29	BC	7	A
3	86	C	50	AB	11	B
4	98	B	51	AB	21	B
MG:	78		43		12	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general.

Figura 2

Promedios para el número de plantas infectadas (NPI)



Para la eficiencia del control etológico del barrenador adulto de la caña soca en el número de planta infectadas, se determinaron diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos antes, a los 30 y 90 días despúes la aplicación, se registró un máximo de 98 plantas infectadas y mínimo de 51 antes de la aplicación. Mientras que a los 30 días después de la aplicación se evidencio un máximo de 51 y un minimo de 29. En cambio que a los 90 días de aplicación de las trampas etológicas los valores oscilaron entre un máximo de 21 y un mínimo 7 de plantas infectadas de barrenador.

Antes de la aplicación, se observó que el T2 registró el menor número de plantas infectadas, con 51, seguido por T1 con 77, mientras que T3 alcanzó 86. El testigo (T4), sin aplicación de trampas, presentó la mayor cantidad, con 98 plantas infectadas. Estos valores iniciales evidencian que la población del barrenador estaba establecida de manera significativa en el cultivo, con una diferencia de 47,95% entre el tratamiento más bajo (T2) y el testigo.

A los 30 días después de la aplicación, se evidenció una reducción en todos los tratamientos. El T2 presentó el mejor resultado, reduciendo las plantas infectadas a 29, equivalente a una disminución del 43.14%. Le siguió el T1, que fue de 41 con

un 46.75% de reducción, mientras que el T3 disminuyó un 41.86% lo que representa 50 plantas infectadas. Mientras que, el testigo (T4) mostró solo una ligera reducción, de 51 plantas. Finalmente, a los 90 días después de la aplicación, la reducción fue sostenida. El T2 alcanzó nuevamente el valor más bajo con 7 plantas infectadas, representando una disminución del 86.27%. El T1 redujo a 10 plantas, con un 87.01%, mientras que el T3 llegó a 11 plantas, equivalente a una 87.20% de reducción. El testigo, en cambio, se mantuvo con un promedio alto de 21 plantas.

El T2 (Melaza) demostró ser el más eficaz durante todo el período de evaluación, con reducciones progresivas y sostenidas desde los 30 días y alcanzando su máximo efecto a los 90 días este tratamiento logró una disminución superior al 86%, siendo la estrategia más eficiente. Mientras que T1 (Jugo de caña) y T3 (Suero de leche) también mostraron resultados positivos, aunque ligeramente inferiores, lo que indica que ambos fermentos poseen capacidad atrayente, pero la melaza presenta mayor estabilidad y poder de fermentación, factores que incrementan su eficacia en la captura de insectos. El uso de trampas etológicas con fermentos representa una alternativa ecológica, contribuyen al manejo integrado de plagas (MIP), reduciendo los costos de producción a largo plazo (FAO, 2023).

4.1.3 Número de larvas por planta (NLP)

Tabla 3

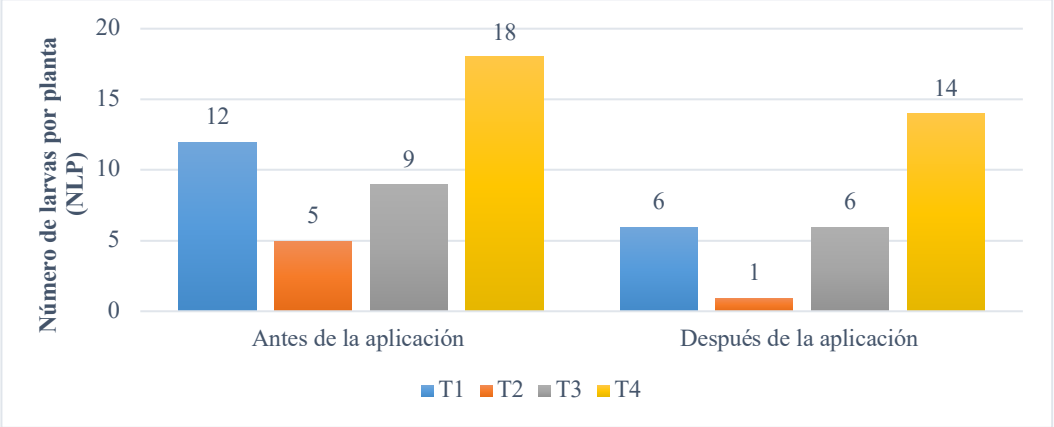
Resultados de los análisis estadísticos en el número de larvas por planta antes de la aplicación y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	Antes de la aplicación (**)		Después de la aplicación (**)		Reducción (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Porcentaje**	**Rango**
1	12	B	6	B	-50.00	BC
2	5	C	1	C	-80.00	A
3	9	BC	6	B	-33.33	AB
4	18	A	14	A	-22.22	C
F	46		92.5			
MG:	11		7		-57.14	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general; F = Fisher.

Figura 3

Promedios para el número de larvas por planta (NLP)



Para la eficiencia del control etológico del barrenador adulto de la caña soca en el número de larvar por planta, se determinaron diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos antes, y 90 días después la aplicación, se registró un máximo de 18 larvas por plantas y mínimo de 5 antes de la aplicación. Después de la aplicación se evidencio un máximo de 14 y un mínimo una larva por planta, con una media general 7 larvas tras la aplicación de las trampas etologicas con una reducción promedio de 57.14%.

Antes de la aplicación el T2 presentó el promedio más bajo de larvas por planta, con 5 larvas, seguido por el T3 con 9 larvas, mientras que el T1 alcanzó 12 larvas. El testigo (T4) presentó la mayor infestación, con 18 larvas por planta, lo que representa un incremento de 260% más larvas que el T2. Esta diferencia inicial evidencia que, sin intervención, el barrenador mantiene una alta población en el cultivo de caña de azúcar, afectando directamente el rendimiento productivo. Después de la aplicación, se evidenció que el T2 presentó nuevamente el mejor resultado, disminuyendo a una larva por planta, lo que representa una reducción del 80% en la población inicial. Le siguieron el T1 y T3, ambos con 6 larvas, lo que equivale a reducciones del 50% y 33.33%, respectivamente, mientras que el testigo (T4) mostró una disminución mínima, de 14 larvas, equivalente a solo un 22.22% de reducción, lo que confirma que, sin una estrategia de control, la plaga persiste en el cultivo.

Se puede inferir que el T2 presentó 92.85% menos larvas que el testigo, mientras que el T1 y T3 mostraron 57.14% menos. Esto evidencia que la melaza como base de fermentación fue el atrayente más efectivo, en la disminución de larvas en campo, además demostró ser el más eficiente con una reducción del 80%. Este resultado confirma que la melaza, genera compuestos volátiles de alta atracción. La rápida disminución observada en este tratamiento se traduce en una menor oviposición y, por ende, una disminución significativa en la población de larvas.

Los T1 (Jugo de caña) y T3 (Suero de leche) también mostraron efectos positivos, aunque en menor grado. Estos resultados indican que ambos fermentos son atractivos para el barrenador, pero su acción no es tan potente y genera menor compuestos atrayentes. Las larvas son consideradas la fase más destructiva en la caña de azúcar, ya que se alimentan directamente del tallo. Una vez que los huevos eclosionan, las larvas penetran el tallo y comienzan a excavar galerías internas dañando los tejidos. Este daño interfiere con el crecimiento de la planta, provoca pérdida de vigor, disminución del contenido de sacarosa, afectando tanto la calidad como la cantidad de la producción (Castro, 2021).

4.1.4 Número de nudos afectados (NNA)

Tabla 4

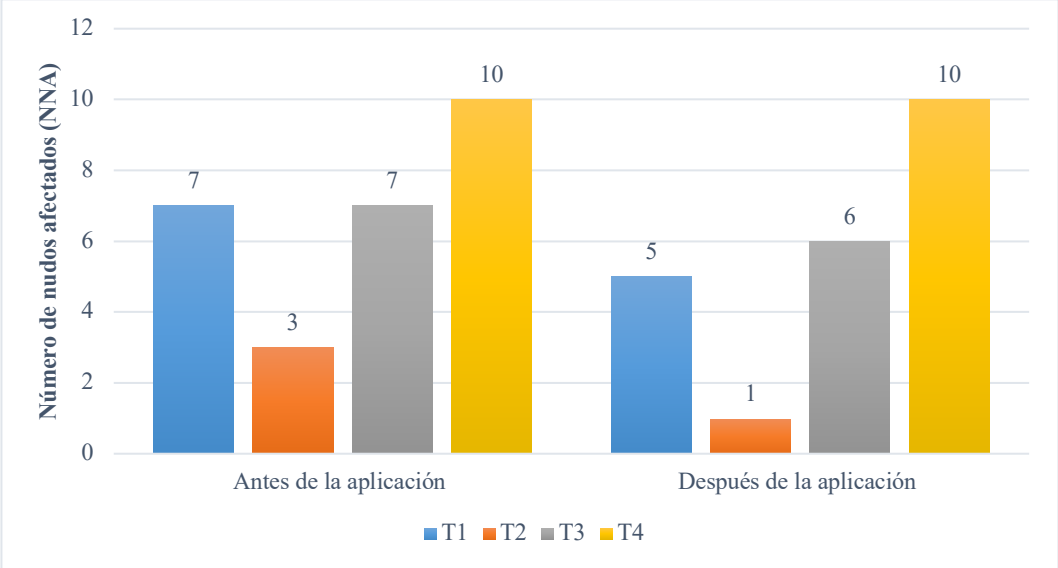
Resultados de los análisis estadísticos en el número de nudos afectados antes de la aplicación, y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	Antes de la aplicación (**)		Después de la aplicación (**)		Reducción (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Porcentaje**	**Rango**
1	7	AB	5	B	-28.57	BC
2	3	C	1	C	-66.67	A
3	7	B	6	B	-14.29	AB
4	10	A	10	A	0.00	C
F	17.4		61.7			
MG:	7		5		- 28.57	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general; F = Fisher.

Figura 4

Promedios para el número de nudos afectados (NNA)



En cuanto al número de nudos afectados, se determinaron diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos antes, y 90 días despúes la aplicación, se registró un máximo de 10 nudos afectados y mínimo de 3 antes de la aplicación. Después de la aplicación se evidencio un máximo de 10 y un mínimo 1, con una media general 5 nudos afectados tras la aplicación de las trampas etologicas con una reducción promedio de 28.57%.

Antes de la aplicación, el T2 presentó el promedio más bajo de nudos afectados por larvas de barrenador, con un total de 3 nudos afectados. Los tratamientos T3 y T1 registraron 7 nudos afectados, mientras que el testigo T4 presentó el valor más alto con 10. Después de la aplicación de las trampas etológicas, se evidenció una reducción significativa en el número de nudos afectados el T2 mostró el mejor desempeño, disminuyendo a 1 nudo afectado, lo que representa una reducción del 66.67 %, seguido del T1 con 5 nudos afectados, en un 28.57% de reudcción, mientras que T3 alcanzó 6 nudos afectados, mostrando una disminución del 14.29%. El testigo T4 se mantuvo con 10 nudos afectados, sin cambios, demostrando que la población de barrenador no se redujo en ausencia de control.

El T2 logró una reducción de 90 % respecto al testigo al final del experimento, evidenciando la eficacia de la melaza como atrayente en el manejo del barrenador. Mientras que T1 y T3 lograron reducciones más limitadas, con 50 % y 40 %, respectivamente, en comparación con el testigo, lo que confirma que, aunque efectivos, su impacto fue menor.

Los resultados demuestran que el T2 (Melaza) es el más eficiente en la reducción de los daños ocasionados por las larvas del barrenador, ya que presentó el menor número de nudos afectados después de la aplicación de las trampas etológicas. Esto sugiere que este fermento genera compuestos volátiles atractivos para el insecto.

El uso de trampas etológicas representa una estrategia sostenible para el control del barrenador, ya que permite actuar sobre la población adulta sin afectar organismos benéficos, contribuyendo a la conservación del equilibrio ecológico. Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones realizadas por García et al. (2021), quienes reportaron que el uso de melaza en trampas etológicas logró una reducción del 70 % en la población de adultos de barrenador en caña de azúcar, lo que posteriormente se tradujo en una disminución significativa de las larvas y de los nudos afectados.

4.1.5 Diámetro de larva (DL)

Tabla 5

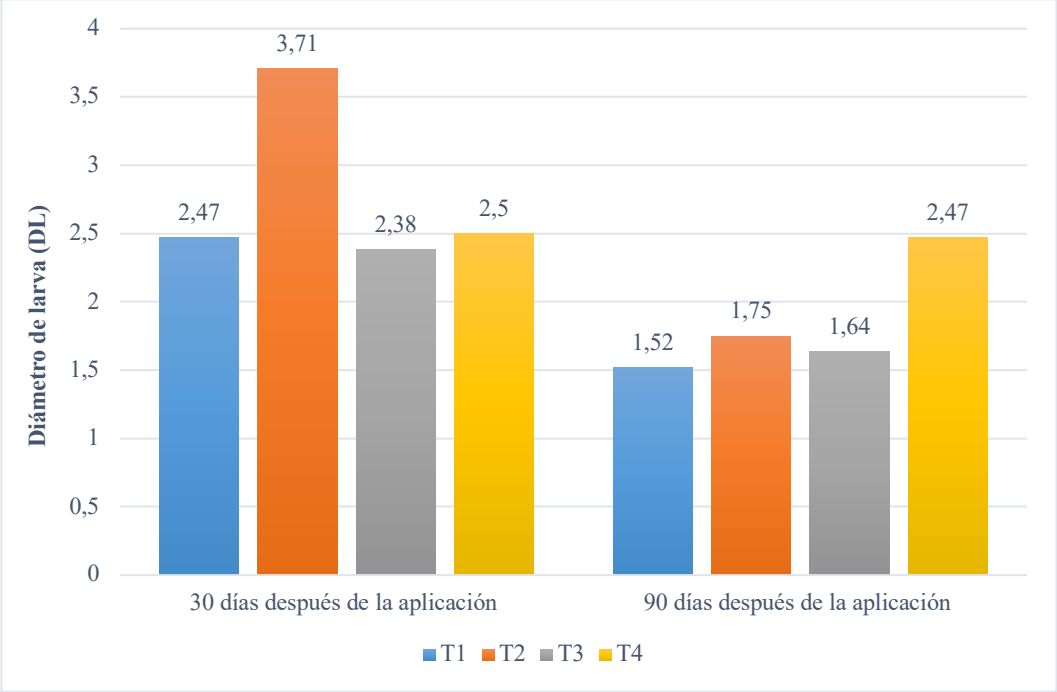
Resultados de los análisis estadísticos en el diámetro de larva a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	30 días después de la aplicación (**)		90 días después de la aplicación (**)		Reducción (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Porcentaje**	**Rango**
1	2.47	B	1.52	B	-38.46	BC
2	3.71	A	1.75	B	-52.83	A
3	2.38	B	1.64	B	-31.09	AB
4	2.50	AB	2.47	A	-1.20	C
F	3.97		8.38			
MG:	2.77		1.85		-33.21	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general; F = Fisher.

Figura 5

Promedios para el diámetro de larva (DL)



En el diámetro de larva, se determinaron diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos a los 30 y 90 días despúes la aplicación, se registró un máximo de 3.71 mm y mínimo de 2.38 mm a los 30 diás de aplicación. Mientras que a los 90 días después de la aplicación se evidencio un máximo de 2.47 mm y un mínimo 1.52 mm, con una media general 1.85 mm, con una reducción promedio de 33.21%.

A los 30 días después de la aplicación de las trampas etológicas, se observó que el T2 registró el mayor diámetro promedio de larvas, alcanzando 3.71 mm, seguió del T1 con 2.47 mm, mientras que el testigo T4 presentó un valor muy similar, con 2.50 mm. El T3 mostró el diámetro más bajo con 2.38 mm, evidenciando un efecto moderado en el control de larvas durante esta primera etapa.

A los 90 días después de la aplicación, se evidenció una reducción significativa en el diámetro de las larvas, siendo el T2 el más efectivo, con un valor 1.75 mm, lo que representa una reducción del 52.83 %. El T1 disminuyó a 1.52 mm, logrando una reducción del 38.46 %, mientras que el T3 alcanzó 1.64 mm, con una

disminución del 31.09 %. En cambio el testigo T4 mostró una ligera disminución de 2.47 mm, lo que evidencia que sin un método de control adecuado, la población de larvas se mantiene estable y continúa afectando el cultivo.

Se puede inferir que al comparar entre tratamientos a los 90 días, el T2 logró reducir el diámetro larvario en 29.1 % respecto al T4, mientras que T1 y T3 lo hicieron en 38.4 % y 33.6 %. Además, evidencian que el T2 (Melaza) es el tratamiento más eficiente, ya que presentó la mayor reducción en el diámetro de larvas. Los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por Villalobos y Torres (2021) que el diámetro de larvas disminuyó en un 40 % después de 12 semanas de implementación de trampas con melaza, en comparación con parcelas que no recibieron control, resultados similares a los obtenidos en este estudio.

4.1.6 Longitud de larva (LL)

Tabla 6

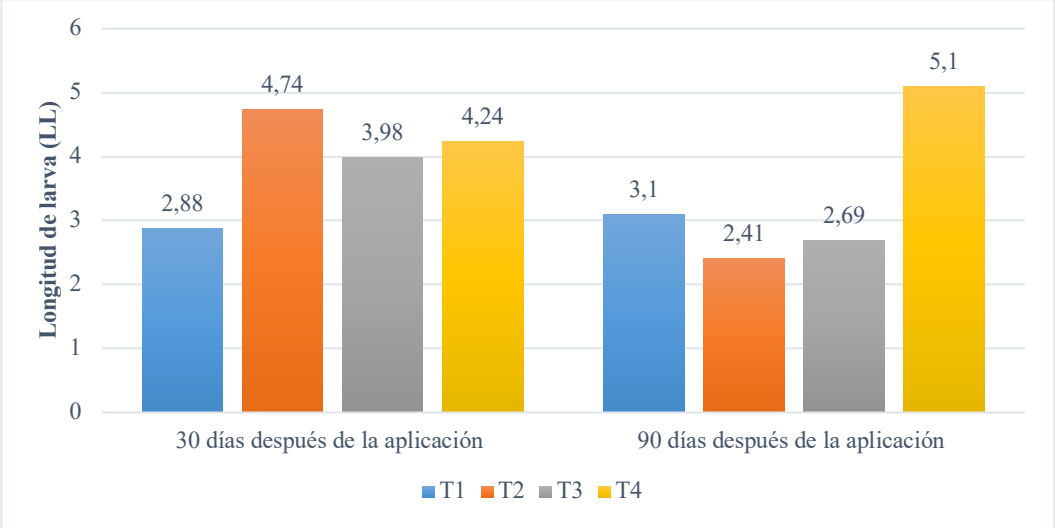
Resultados de los análisis estadísticos en la longitud de larva a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	30 días después de la aplicación (**)		90 días después de la aplicación (**)		Incremento y Reducción (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Porcentaje**	**Rango**
1	2.88	C	3.10	B	7.64	BC
2	4.74	A	2.41	C	-49.16	A
3	3.98	B	2.69	BC	-32.41	AB
4	4.24	AB	5.10	A	20.28	C
F	19.4		59.8			
MG:	3.96		3.33		-15.91	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general; F = Fisher.

Figura 6

Promedios para la longitud de larva (LL)



Para la eficiencia del control etológico del barrenador alduto de la caña soca en la longitud de larva, se determinaron diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos a los 30 y 90 días despúes la aplicación, se registró un máximo de 4.74 cm y mínimo de 2.88 cm a los 30 diás de aplicación. Mientras que a los 90 días de la aplicación se evidencio un máximo de 5.1 cm y un mínimo 2.41 cm, con una media general 3.33 cm, con una reducción promedio de 15.91%.

A los 30 días después de la aplicación, se observó que el T2 presentó el mayor promedio de longitud de larvas, con 4.74 cm, lo que sugiere que, en esta etapa temprana, la plaga aún mantenía una alta actividad reproductiva antes de que las trampas ejercieran su efecto máximo. Le siguió el testigo T4, sin control, con 4.24 cm, mientras que el T3 alcanzó 3.98 cm. El T1 registró la longitud más baja con 2.88 cm, evidenciando un efecto inicial positivo en la reducción del tamaño de las larvas. A los 90 días después de la aplicación, se evidenció una reducción en todos los tratamientos. El T2 mostró la mayor disminución, de 2.41 cm, lo que representa una reducción del 49.16 %. El T3 disminuyó 2.69 cm, equivalente a un 32.41 %, mientras que el T1 presentó un 3.1 cm es decir incremento un 7.64 %, lo que indica una pérdida de efectividad en este periodo. El testigo T4 aumentó a 5.10 cm, mostrando un incremento del 20.28 %, lo que confirma que sin estrategias de

control, la población larvaria no solo persiste, sino que continúa creciendo y afectando severamente el cultivo.

Los resultados muestran que a los 90 días, el T2 presentó una reducción del 52.7 % respecto al testigo, mientras que el T3 y el T1 lograron reducciones de 47.2 % y 39.2 %, respectivamente. Además el T2 (Melaza) es el más efectivo para reducir la longitud de las larvas de barrenador en caña de azúcar. La notable disminución a lo largo del periodo de evaluación se explica por la capacidad de la melaza para generar una fermentación activa, liberando compuestos volátiles, como alcoholes y ácidos orgánicos.

Estos resultados coinciden con los hallazgos de González et al. (2022), quienes reportaron que el uso de trampas fermentativas con melaza redujo en un 55 % la población larvaria del barrenador en cañaverales de México. De manera similar, Castillo y Méndez (2021) demostraron que la melaza tiene mayor persistencia en campo, ya que mantiene su capacidad atractiva por más de 15 días, a diferencia de otros fermentos como el jugo de caña, cuyo efecto se limita a periodos cortos debido a su rápida descomposición.

4.1.7 Número de polillas adultas por trampas (NPAT)

Tabla 7

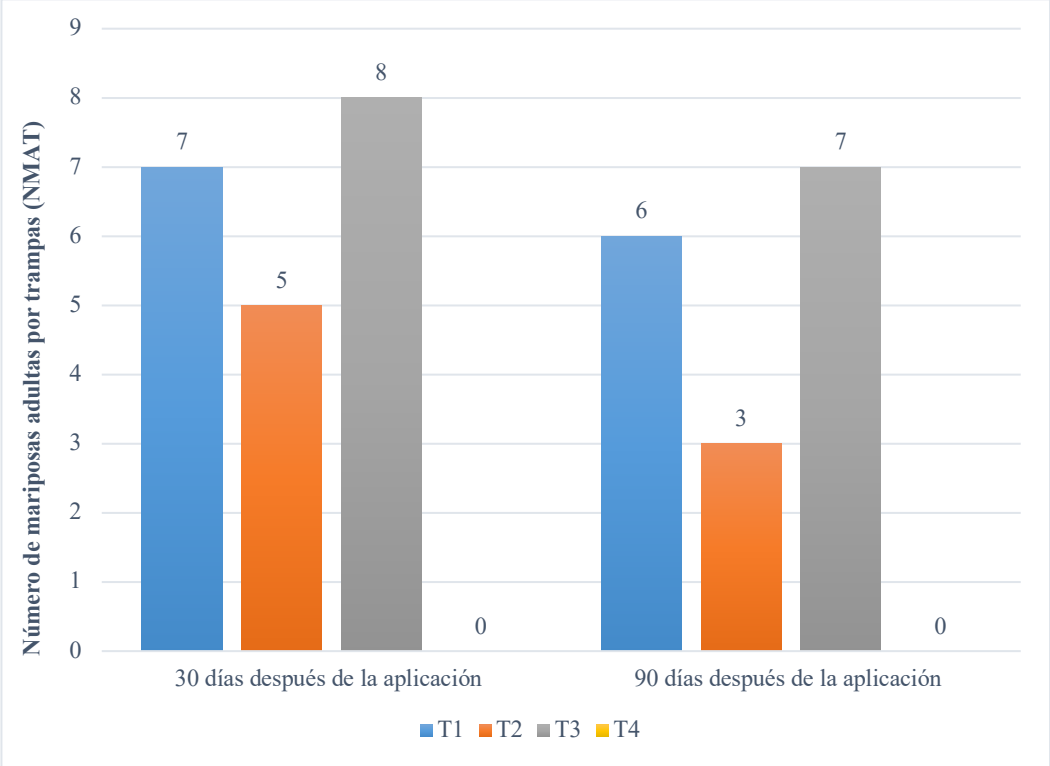
Resultados de los análisis estadísticos en el número de polillas adultas por trampa a los 30 y 90 días después de la aplicación de las trampas etológicas.

Tra	30 días después de la aplicación (**)		90 días después de la aplicación (**)		Reducción (**)	
No	**Promedios**	**Rango**	**Promedios**	**Rango**	**Porcentaje**	**Rango**
1	7	AB	6	AB	-14.29	AB
2	5	B	3	B	-40.00	A
3	8	A	7	A	-12.50	B
4	-		-		-	-
F	3.07		3.83			
MG:	7		6		14.29	

Nota: ** =Altamente significativo; Letras indican las diferencias estadísticas significativas o altamente significativas; MG = Media general; F = Fisher.

Figura 7

Promedios para el número de polillas adultas por trampa (NPAT)



Para la eficiencia del control etológico del barrenador adulto de la caña soca, se registró el número de polillas adultas capturadas por trampa en tres tratamientos. El testigo no fue considerado en este análisis, debido a que no recibió control, lo que imposibilitó contabilizar las polillas; sin embargo, se evaluó con base en el número de plantas infestadas y larvas por planta, tomando como referencia el umbral de daño económico. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos a los 30 y 90 días después de la aplicación, lo que representa una reducción del 14.29 % en la población de adultos.

Durante la evaluación realizada a los 30 días después de la instalación de las trampas etológicas, se evidenció que el T2 registró el promedio más bajo de polillas adultas capturadas, con 5 polillas por trampa, lo que representa una mayor eficiencia en el control inicial de la población adulta del barrenador. Le siguió el tratamiento T1 con 7 polillas, mientras que el T3 presentó 8. Estos resultados indican que, a los

30 días, T2 logró una reducción del 28.6 % en comparación con T1 y del 37.5 % con respecto a T3, evidenciando un mejor desempeño en la fase inicial del control.

A los 90 días despúes de la aplicación, se observó una reducción, destacando nuevamente el T2 como el más efectivo, al disminuir a 3 polillas por trampa, equivalente a una reducción del 40 %. El T1 disminuyó a 6, lo que representa una reducción del 14.29%, mientras que el T3 solo redujo ligeramente a 7, equivalente al 12.5 %. El testigo (T4) superó el umbral de daño económico, al presentar 12 plantas infestadas, con un promedio de 14 larvas por planta, lo que indica que sin control etológico el barrenador adulto continúa su ciclo reproductivo y oviposición, incrementando el riesgo de pérdidas significativas en el cultivo.

Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento T2 (melaza) fue el más efectivo para disminuir la población de adultos del barrenador, logrando reducciones significativas tanto a los 30 como a los 90 días. Esto se puede atribuir a la alta concentración de azúcares simples y compuestos volátiles presentes en la melaza, que actúan como potentes atrayentes para las polillas adultas, aumentando la captura y reduciendo la oviposición en el campo. En comparación, el jugo de caña (T1) y el suero de leche (T3) mostraron una eficiencia moderada y baja, respectivamente, debido a una menor liberación de compuestos volátiles atractivos, lo que explica su menor capacidad de control.

Se puede inferir que el uso de trampas etológicas con fermentos naturales, especialmente, es una estrategia eficaz y sustentable para el manejo del barrenador. Los resultados coinciden con los obtenidos por Hernández et al. (2023), quienes reportaron que el uso de melaza en trampas etológicas logró una reducción del 68% en la población de adultos de *Diatraea saccharalis* en plantaciones de caña de azúcar en Colombia, cifras similares a las obtenidas en este estudio.

4.1.8. Análisis de correlación y regresión lineal

Tabla 8

Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de la variable independiente (Xs) que tuvieron una estrechez significativa sobre el número de plantas infectadas (variable dependiente Y).

Variables independientes (Xs) componente número de plantas infectadas (R).	Coeficiente de correlación (r)	Coeficiente de regresión (b)	Coeficiente de determinación (R^2) %
(IBP)	0.83 **	0.69	68.89
(NLP)	0.89 **	0.79	79.21
(NNA)	0.96 **	0.92	92.16
(DL)	0.52 *	0.23	27.04
(LL)	0.72 **	0.51	51.84
(NPAT)	0.96 **	0.93	92.16

Nota descripción de la nomenclatura: **= Altamente significativo: *= Significativo

Coeficiente de correlación (r)

En esta investigación, se observó que, dentro de los componentes número de plantas infectadas, existieron correlaciones significativas, altamente significativas y positivas despúes de la aplicación de las trampas etológicas en las variables: Indicencia de barrenador por planta (IBP), número de larvas por planta (NLP), número de nudos afectados (NNA), diámetro de larva (DL), longitud de larvas (LL) y número de polillas adultas por trampa (NPAT).

Coeficiente de regresión (b)

Las variables que redujeron el número de plantas infectadas fueron: Indicencia de barrenador por planta con un coeficiente de regresión de 0.69, número de larvas por planta con 0.79, número de nudos afectados con 0.92, diámetro de larva con 0.23, longitud de larvas con 0.51 y número de polillas adultas por trampa con 0.93

Coeficiente de determinación (R^2)

La mayor reducción en el número de plantas infectadas, se obtuvo en las variables número de nudos afectados (NNA) y número de polillas adultas por trampa (NPAT) con un valor de coeficiente de (R^2) de 92.16%, esto quiere decir que en un 92.16% de reducción, en el número de plantas infectadas se debe, al número de nudos afectados y número de polillas adultas por trampa.

4.2. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos en la presente investigación, se pudo evidenciar que existió en el mayor número de variables diferencias estadísticas altamente significativas a nivel de tratamientos, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, determinando que la eficiencia del control etológico del barrenador de la caña soca depende del tipo de fermento.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos, el T2 demostró ser el método más eficiente y sostenible para el control del barrenador, reduciendo la incidencia en un 54.6%, menos plantas infectadas, superando a T1 (Jugo de caña) y T3 (Suero de leche), los cuales mostraron reducciones parciales del 40 % y 30 %. Además demostró la mayor efectividad en la reducción de la población de barrenador de la caña de azúcar, logrando una disminución significativa en el número de polillas adultas, larvas por planta, nudos afectados, diámetro y longitud de larvas. A los 90 días, alcanzando una reducción del 40 % en la captura de polillas adultas lo que evidencia su alta capacidad para interrumpir el ciclo biológico de la plaga.

- Los resultados indican que dentro de los componentes del número de plantas infectadas, existieron correlaciones, altamente significativas y positivas despúes de la aplicación de las trampas etológicas en las variables: Indicencia de barrenador por planta (IBP), número de larvas por planta (NLP), número de nudos afectados (NNA), diámetro de larva (DL), Longitud de larvas (LL) y número de polillas adultas por trampa (NPAT).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación del control etológico en base a trampas con melaza en el cultivo de caña de azúcar, colocándolas de manera uniforme a razón de 20 trampas por hectárea. Estas trampas deben revisarse cada 8 a 10 días para renovar el atrayente, asegurando su efectividad y evitando fermentaciones en estado avanzado que puedan disminuir la captura. Asimismo, se debe realizar deshoje y eliminación manual de cañas infestadas durante la fase vegetativa, con el fin de reducir la fuente de larvas activas y evitar la reinfestación en el lote.

- Además implementar el control cultural con labores culturales integradas, como la limpieza de malezas, que puedan servir de refugio para el barrenador.

BIBLIOGRAFÍA

Agrocaña. (2021). Poscosecha. Obtenido de Datun: https://www.paginasamarillas .es/f/ocana/agrocana_021952163_000000001.htm

Alcón, M. (2020). Diseño y desarrollo para la obtención de bebidas fermentadas a partir de leche y suero de leche. Obtenido de https://repositorio.umsa.b o/handle/123456789/30955

Atencio, R., Goebel, F., Guerra, A., & Lopéz, S. (2020). Uso de *Galleria mellonella* l.(Lep.: *Pyralidae*) como presa centinela para evaluar el impacto de enemigos naturales sobre *Diatraea tabernella* dyar (Lep.: Crambidae) en caña de azúcar en Panamá. Revista Colegiada de Ciencia, 31-44. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Abby-Guerra/public ation/350093661_Biotecnologia_aplicada_a_la_produccion_de_cana_de_azucar_en_Panama_Una_vision_general/links/6061d464a6fdccbfea15a77c/Biotecnologia-aplicada-a-la-produccion-de-cana-de-azucar-en-Panama-

Barco, A. (2024). Aspectos biológicos de *Cotesia flavipes Camerom* como agente de control biológico del barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* Fabricius en el cultivo de caña de azúcar. Obtenido de http://dspace.ut b.edu.ec/handle/49000/16061

Barillas, S. (2020). Efecto de profundidad de siembra sobre el macollamiento de *Saccharum officinarum* L.“caña de azucar” en el Valle Huaura. Obtenido de http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4379

Buriticá, A. (2021). Beneficios de los insecticidas para la protección de cultivos. Obtenido de https://blog.croper.com/beneficios-de-los-insecticidas-par a-la-protección-de-cultivos/

Castillo, P., & Méndez, R. (2021). Eficiencia de diferentes atrayentes naturales en trampas etológicas para el control del barrenador. AgroCiencia Tropical, 15(3), 97-106.

Castaño, E., & Salas, Y. (2020). Prácticas culturales y de innovación tecnológica implementadas a nivel local, nacional e internacional. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/439a1681-f4b0-401a-825a-e695fe324c64/content

Castro, J. (2021). Clasificación.Variedades de la caña: Obtenido de: https://www.cenicana.org/web/variedades-de-cana

Ceballos, C. (2022). Feromonas sexuales de los principales lepidópteros que afectan cultivos de la familia cucurbitáceas en el departamento de córdoba, y su potencial uso para el control de plagas. Obtenido de https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstreams/117e55de-b4a1-47de-a862-8414ea65f47b/download

CINCAE. (2020). Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. Obtenido de http://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/

Clima.com. (2024). Clima en Salinas, cantón Guaranda - Bolívar. Obtenido de https://www.clima.com/ecuador/bolivar/salinas

Coello, C. (2022). Control del Barrenador del Tallo *Diatraea saccharalis* (Fabr.)(*Lepidoptera: Crambidae*) de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.): Revisión de Literatura. Obtenido de https://bdigital.zamorano.edu/items/05ec139e-e103-4582-a1b0-aeae40fdd289

Collazos, J. (2020). Desarrollo de un modelo predictivo de procesos gaussianos para la estimación de la productividad de la caña de azúcar en haciendas del Ingenio Incauca. Obtenido de https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/6373

Corporación Financiera Nacional - CFN. (2021). FIcha sectorial azúcar. Obtenido de https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Azucar.pdf

Dinas. (2017). Caña. Obtenido de Importancias de la caña: https://caña.importancias/introducion/ec.

Durand, B., & Zamora, X. (2023). Efecto de cepas nativas *Metarhizium* spp. procedentes de cultivo de caña de azúcar sobre *Metamasius* sp. Obtenido de http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7984

Eroski. (2019). Corporación edc. Nuevas técnicas de la caña: Obtenido de: https://eroski.com.ec/caña/productos/.

ESPAC. (2024). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Boletín técnico abril 2024. INEC. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdf

Espinoza, F. (2021). Caña De Azúcar: Manual Técnico. Paraguay: Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA).

FAO. (2023). Manejo integrado de plagas en cultivos de caña de azúcar. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: Obtenido de: https://www.fao.org

Ferrer, F. (2021). Control biológico de plagas agrícolas en Venezuela: los logros históricos de la empresa Servicio Biológico (SERVBIO). Revista de Ciencias Ambientales, 327-344. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962021000100327

González, J., Ramírez, M., & Herrera, D. (2022). Evaluación de trampas fermentativas en el control de Diatraea saccharalis en caña de azúcar. Revista Latinoamericana de Entomología, 39(1), 43-52.

García, L., Pérez, J., & Torres, M. (2021). Eficiencia de atrayentes naturales en trampas etológicas para el control del barrenador de la caña de azúcar. Revista Fitopatología Tropical, 38(2), 120-129.

Galeas, J. (2018). Ecured. Cultivo de caña: Obtenido de: https://www.ecured.cu/Cultivo_de_la_caña%C3%B1a_de_az%C3%BAcar

Guizado, R. (2022). Efecto de diferentes fuentes de fermento en la elaboración de harina de masato a partir de la yuca (*Manihot esculenta crantz*), y su uso en la elaboración del pan. Obtenido de https://repositorio.unu.edu.pe/items/62738e64-6d60-4f8a-a689-0a97a9c7b412

Holdridge, L. (1979). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA.

Hernández, J., López, M., & García, P. (2023). Evaluación de trampas etológicas con diferentes atrayentes en el control de *Diatraea saccharalis*. Revista Colombiana de Entomología, 49(2), 115-123.

Infoagro. (2018). Cultivo de la caña de azucar. Obtenido de Agroespecialidad: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp

Lezaun, J. (2020). Plaga principal del maíz y otras gramíneas. Obtenido de https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/barrenador-del-tallo-diatraea-saccharalis

Mendoza, E. (2022). Principales enemigos naturales de *Diatrea saccharalis* Fabricius 1794 (*Lepidoptera: Pyralidae*) en el cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum.* Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13100

Morte, J. (2020). Fenología floral y polen atmosférico de poaceae en el centro de la península ibérica. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=301158

Navarro, N. (2021). Efecto del pretratamiento con ácido diluido en la morfología de los residuos de apio (*Apium graveolens*). Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7521

Torres, J., Martínez, R., & Salazar, P. (2022). Uso de trampas etológicas en el control del barrenador de la caña de azúcar en el Valle del Cauca, Colombia. Revista de Protección Vegetal, 37(1), 22-30.

Ramirez. (2019). Gastronomicas. Obtenido de Nutricion: http://www.gastronosfera.com/es/propuestas-gastronomicas/jugo-de-cana-de-azucar-el-mej or-revitalizante

Reyna, J., Martínez, J., Silva, A., López, D., & Castillo, S. (2021). Fitoterapia una alternativa de control de plagas y enfermedades. Journal of the Selva Andina Animal Science, 114-123. Obtenido de http://portal.amelica.org /ameli/jatsRepo/198/1982763012/html/

Romero, J. (2020). Fenología floral y polen atmosférico de poaceae en el centro de la península ibérica. Obtenido de https://produccioncientifica.usal.es/documentos/61dfc14e1614d23558cc9325?lang=de

Pérez, M., & Gómez, L. (2021). Evaluación de fermentos naturales para la captura de plagas en cultivos perennes. Revista Colombiana de Entomología, 47(2), 134-142.

Sendoya, C. (2020). Control químico de *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (*Lepidoptera: Crambidae*) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y su efecto sobre algunos controladores biológicos. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84467

Silva, N. (2022). Perdidas de cosecha en corte manual de caña de azucar (*Saccharum officinarum* L.) en condiciones del valle Chicama. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/9505

Villalobos, L., & Torres, D. (2021). Impacto de trampas etológicas en la reducción de poblaciones de barrenador de caña. Journal of Agricultural Research, 18(4), 210-219.

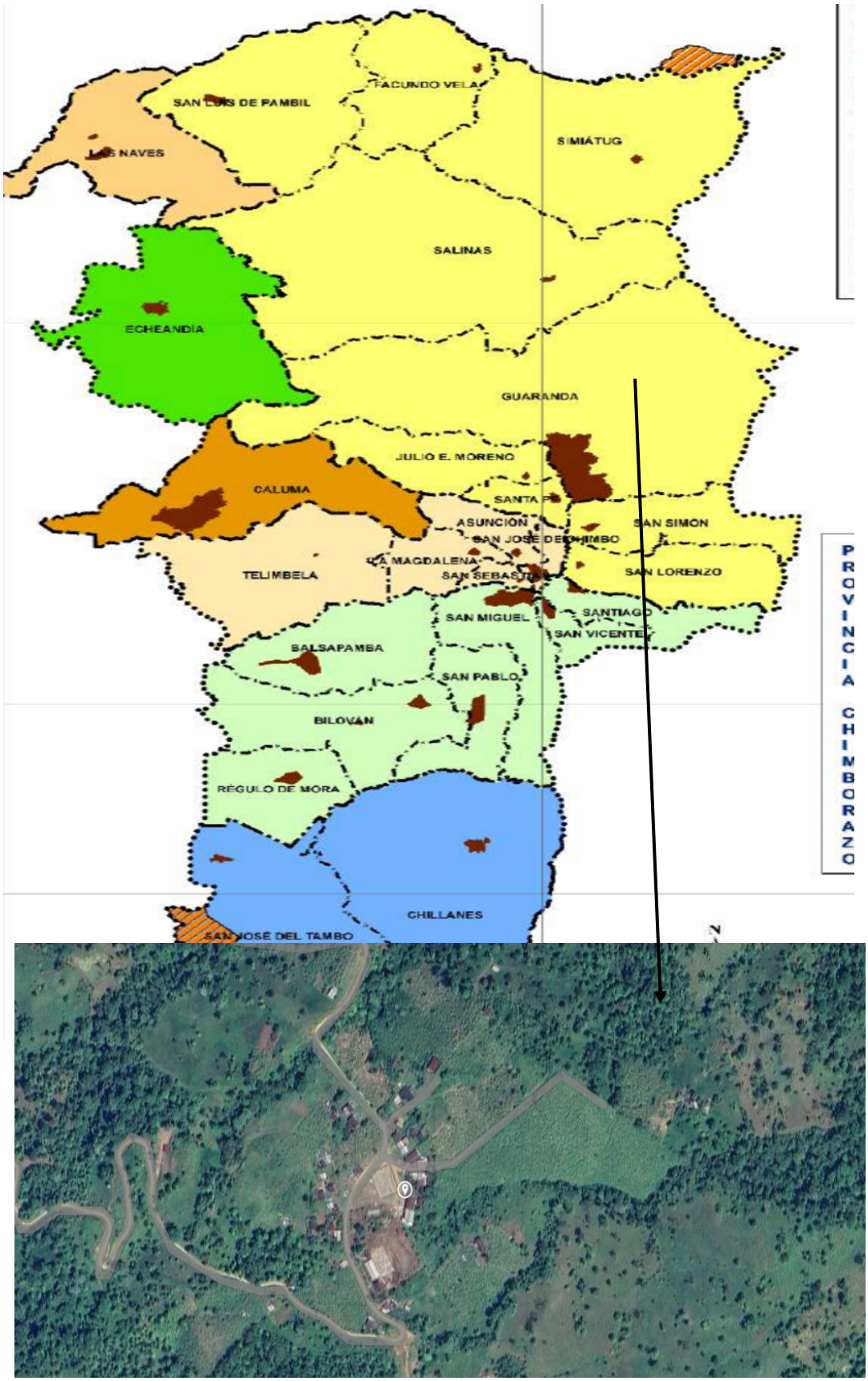
Vargas, G. (2020). Evaluación del daño de los barrenadores de la caña: *Diatraea* spp. y su control. Obtenido de https://www.cenicana.org/apps/pat/guias/diatraea/gm_diatraea_2015.pdf

Zambrano, P. (2020). Cultivo de Caña de azúcar - Producción, derivados y más. Obtenido de https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/

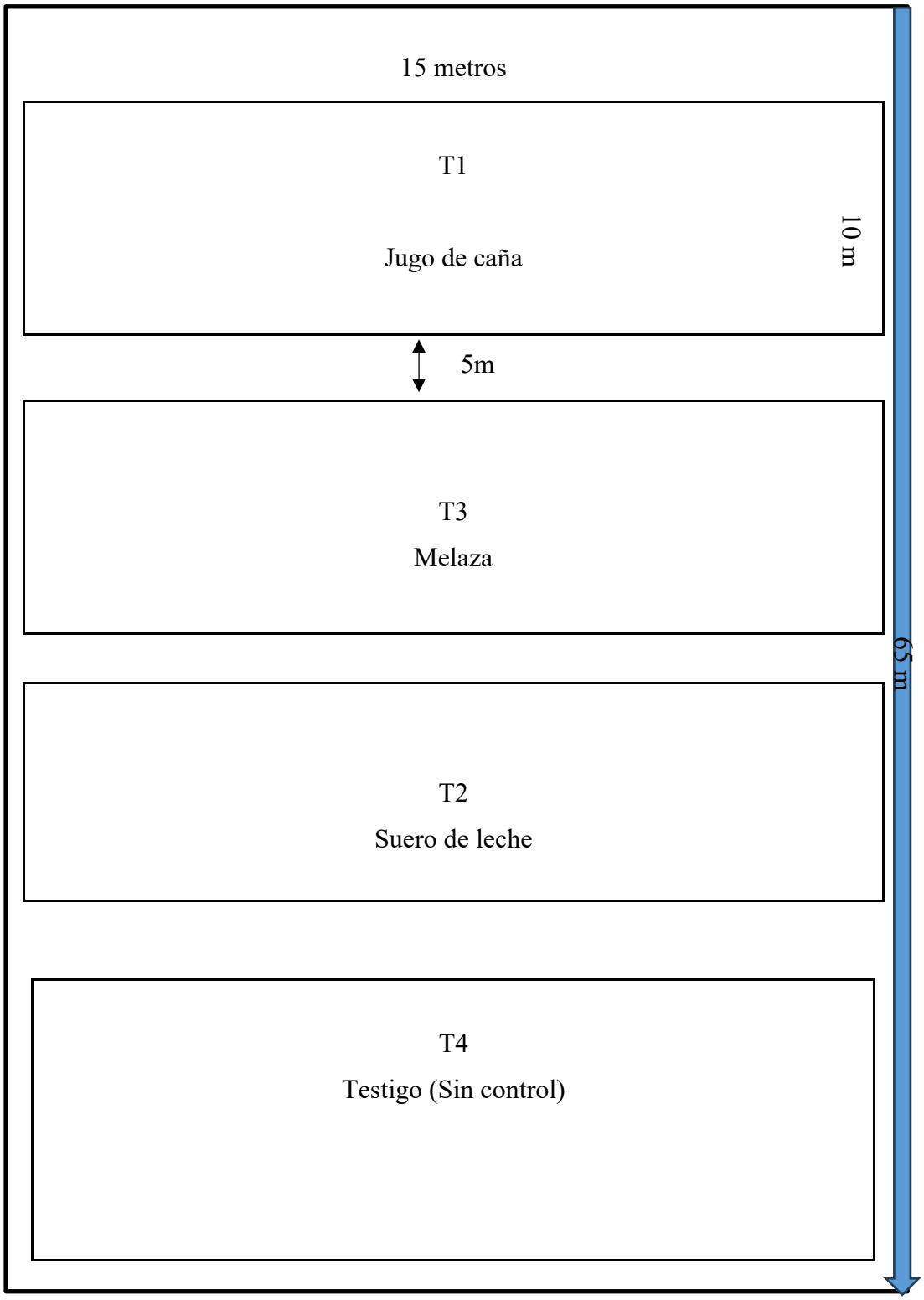
Zapata, N. (2020). Manejo integrado de roya café (*Puccinia melanocephala*) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). ¿Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8209/E-UTB-FACI AG-ING%20AGRON-000231.pdf?sequence=2&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del experimento



Anexo 2. Croquis del ensayo



Anexo 3. Base de datos de las variables evaluadas

Incidencia de barrenador en planta (IBP)												
Antes de la aplicación					30 días después de la aplicación				90 días después de la aplicación			
N	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	34.06	33.33	35.86	43.40	33	29	34	41	18.34	15.14	19.52	29.08

Número de plantas infectadas (NPI)												
Antes de la aplicación					30 días después de la aplicación				90 días después de la aplicación			
N	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	77	51	86	98	41	29	50	51	10	7	11	12

Número de larvas por planta (NLP)								
Antes de la aplicación					Después de la aplicación			
NP	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	9	4	12	17	4	2	8	15
2	7	4	12	20	3	0	7	12
3	9	4	6	17	6	1	9	17
4	14	6	17	20	7	0	4	14
5	14	4	7	17	8	2	5	12
6	12	4	6	16	4	2	6	12
7	13	5	7	16	8	0	8	14
8	14	5	7	17	5	2	4	15
9	14	6	6	20	6	4	6	12
10	11	9	8	20	4	0	4	13
Σ	116.07	50.40	86.30	180.30	54.80	13.00	62.10	136.30
U	12	5	9	18	5	1	6	14

Número de nudos afectados (NNA)								
Antes de la aplicación					Después de la aplicación			
NP	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	3	5	3	11	8	2	6	9
2	9	2	5	7	4	0	4	12
3	6	8	7	10	8	0	5	12
4	9	3	7	9	5	1	5	8
5	8	0	6	10	6	1	6	12
6	9	3	8	7	5	0	5	9
7	7	3	8	11	4	2	4	8
8	6	2	9	9	7	0	6	10
9	9	5	8	9	4	1	7	8
10	5	0	6	12	3	0	8	8
Σ	70	31	66	95	54	7	55	97
U	7	3	7	10	5	1	6	10

Diámetro de larva (DL)								
30 días después de la aplicación					90 días después de la aplicación			
NP	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	5.17	5.21	3.80	3.03	1.23	1.9	1.86	1.25
2	2.13	3.57	3.11	3.72	1.56	1.8	1.88	1.84
3	2.87	2.67	1.26	3.11	1.32	1.75	1.34	2.50
4	2.37	3.98	2.53	3.06	1.45	1.75	1.32	2.99
5	2.84	3.39	1.82	2.42	1.16	1.6	1.19	2.49
6	0.91	3.89	2.47	1.08	1.45	1.9	1.36	2.29
7	3.57	3.39	3.79	1.05	1.56	1.7	1.78	2.53
8	2.96	3.89	2.01	1.90	1.91	1.8	1.86	3.80
9	1.04	3.37	1.61	2.09	1.8	1.65	1.78	1.41
10	0.79	3.82	1.40	3.56	1.8	1.67	1.98	3.63
Σ	25	37.17	23.81	25.02	15.24	17.52	16.35	24.74
U	2.46	3.72	2.38	2.50	1.52	1.75	1.64	2.47

Longitud de larva (LL)								
30 días después de la aplicación					90 días después de la aplicación			
NP	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	4.05	4.75	3.56	3.10	3.56	2.78	2.80	5.23
2	3.64	4.15	4.20	4.10	3.58	2.45	3.03	5.78
3	2.75	5.90	4.44	4.85	2.05	2.58	2.18	5.78
4	3.65	4.65	4.40	4.60	2.45	2.28	2.55	5.12
5	2.01	4.70	4.04	4.05	2.45	2.35	2.53	4.13
6	2.23	5.05	4.64	4.90	3.23	2.03	2.35	5.39
7	2.55	4.55	3.64	4.35	3.54	2.33	2.53	5.01
8	2.20	4.70	2.85	4.05	3.08	2.43	3.25	4.68
9	3.20	4.70	4.04	4.35	4.56	2.38	3.15	5.17
10	2.56	4.25	3.96	4.05	2.53	2.53	2.55	4.68
Σ	28.835	47.4	39.77	42.4	31.03	24.1	26.9	50.93
U	2.88	4.74	3.98	4.24	3.10	2.41	2.69	5.09

Número de polillas adultas por trampas (NPAT)								
30 días después de la aplicación					90 días después de la aplicación			
NP	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	5	8	9	-	3	0	10	-
2	10	7	9	-	7	1	9	-
3	9	1	8	-	5	8	9	-
4	8	6	7	-	2	2	8	-
5	9	4	9	-	8	0	2	-
6	8	8	9	-	6	2	3	-
7	7	7	10	-	11	3	10	-
8	2	6	7	-	9	9	8	-
Σ	70	52	82	-	63	29	71	-
U	7	5	8	-	6	3	7	-

Anexo 5. Fotografías

Distribución de las unidades experimentales





Control de malezas

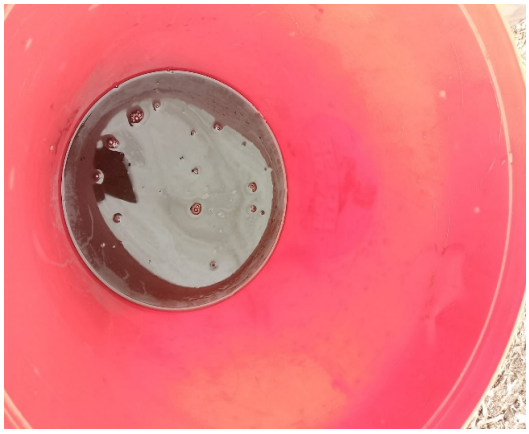


Obtención de fermentos a partir del jugo de caña de azúcar





Obtención de fermentos a partir de melaza





Obtención de fermentos a partir de suero de leche





.

Colocación de trampas





Deshoje





Métodos de evaluación (Variables respuestas)

Número de plantas infectadas (NPI)





Número de larvas por planta (NLP).



Número de nudos afectados (NNA)

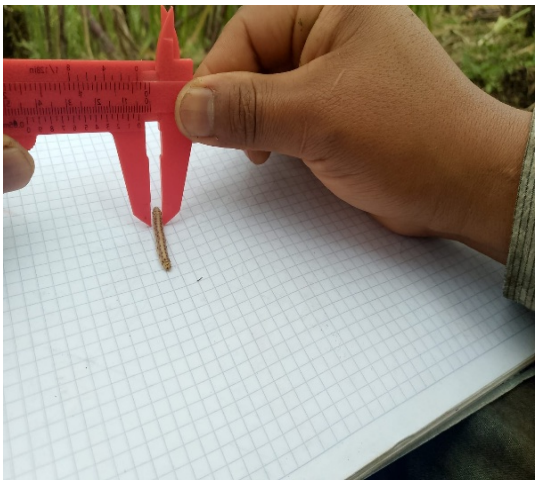


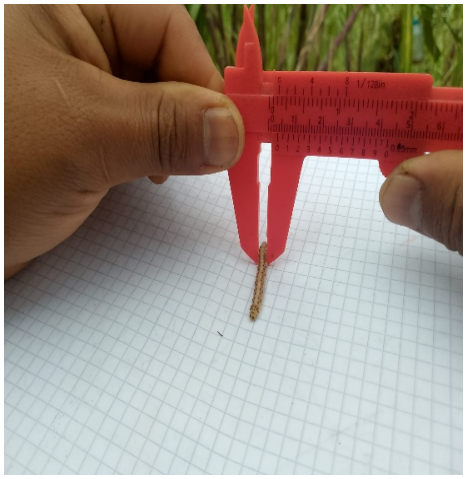
Número de nudos por planta (NNP)





Diámetro de larva (DL)





Longitud de larva (LL)





Número de polillas adultas por trampas (NPAT)





Anexo 6. Glosario de términos técnicos

Pol: Indicador de pureza que mide el porcentaje de sacarosa en una muestra de jugo de caña, separando los azúcares deseables de los indeseables. Este valor se utiliza para calcular la eficiencia de extracción y la calidad de los productos derivados de la caña.

Antagonista natural: Organismo que actúa como enemigo biológico de plagas, ya sea mediante depredación, parasitismo o competencia. Su inclusión en programas de manejo integrado ayuda a equilibrar los ecosistemas agrícolas y reducir el impacto de las plagas.

Beauveria bassiana: Hongo entomopatógeno ampliamente utilizado en la agricultura para controlar insectos plaga. Infecta a las larvas o adultos mediante esporas que penetran su exoesqueleto, causando su muerte por micotoxinas. Es una alternativa eficiente y segura frente a plaguicidas químicos.

Brix: Escala utilizada para medir el contenido total de azúcares solubles en el jugo de caña, expresado como un porcentaje. Es un parámetro clave para determinar el momento óptimo de cosecha y evaluar la calidad del producto final en términos de rendimiento azucarero.

Clima edafoclimático: Combinación de características del suelo y el clima que influyen en el desarrollo de un cultivo. En la caña de azúcar, estas condiciones determinan la acumulación de azúcares y la salud del cultivo frente a plagas y enfermedades.

Control etológico: Método de manejo agrícola que utiliza señales químicas, como feromonas o compuestos volátiles, para alterar el comportamiento de plagas. Este enfoque reduce la necesidad de químicos y minimiza el impacto ambiental al interrumpir procesos críticos como el apareamiento o la alimentación de los insectos. Es una técnica innovadora en cultivos extensivos como la caña de azúcar.

Cotesia flavipes: Avispa parasitoide utilizada en el control biológico de *Diatraea saccharalis.* Esta especie deposita sus huevos dentro de las larvas de la plaga, matándolas al completar su ciclo de vida. Es una herramienta eficaz en programas de manejo integrado de plagas en cultivos de caña.

***Diatraea saccharalis*:** La polilla del barrenador del tallo es una plaga endémica de América que afecta cultivos de gramíneas, como la caña de azúcar. Este insecto

crea galerías dentro de los tallos, lo que reduce el rendimiento y calidad del cultivo al disminuir la concentración de sacarosa. Además, su presencia facilita la entrada de hongos y otros patógenos, incrementando las pérdidas económicas en los sistemas agroindustriales.

Fenología: Ciencia que estudia las fases del desarrollo de las plantas, como brotación, floración y maduración, en función de las condiciones ambientales. En la caña de azúcar, este conocimiento es crucial para optimizar el manejo agronómico y asegurar la máxima acumulación de sacarosa en los tallos al momento de la cosecha.

Fermento orgánico: Producto derivado de materiales como frutas, residuos agrícolas y lácteos que, durante su fermentación, emiten compuestos volátiles. Estos compuestos funcionan como atrayentes o disruptores en los insectos plaga, alterando sus patrones de alimentación o reproducción. Los fermentos son una alternativa económica y sostenible en el manejo integrado de plagas.

Galerías: Túneles excavados por las larvas de Diatraea saccharalis dentro de los tallos de la planta, lo que afecta la estructura del tejido vegetal. Estas galerías disminuyen la concentración de sacarosa, provocan la caída de los tallos y facilitan infecciones por hongos como Colletotrichum falcatum.

Hábito nocturno: Comportamiento característico de insectos como *Diatraea saccharalis,* que son activos durante la noche. Este hábito influye en la planificación de estrategias de manejo, como la colocación de trampas y el monitoreo de poblaciones.

Macollamiento: Proceso en el cual la planta de caña genera brotes secundarios a partir de los nudos del tallo principal, incrementando el número de tallos por hectárea. Esta etapa, que ocurre entre los 90 y 120 días después de la siembra, es determinante para el rendimiento final del cultivo, ya que los brotes robustos contribuyen directamente a la producción de sacarosa.

Pupa: Fase inmóvil del ciclo de vida de ciertos insectos, como *Diatraea saccharalis*, donde ocurre la transformación de larva a adulto. Durante esta etapa, el insecto permanece protegido en galerías del tallo, lo que dificulta el control con métodos convencionales.

Pureza: Relación entre los valores de °Brix y °Pol, que determina la proporción de sacarosa en comparación con otros sólidos solubles. Es fundamental para estimar el potencial de conversión del jugo en azúcar cristalizado y para garantizar la eficiencia en procesos industriales.

Resistencia de plagas: Capacidad desarrollada por insectos para tolerar dosis letales de insecticidas, resultado del uso repetitivo de químicos. Este fenómeno representa un desafío para el manejo de plagas, impulsando la búsqueda de alternativas biológicas y culturales.

Sacarosa: Principal azúcar presente en el jugo de la caña de azúcar, utilizado como materia prima en la producción de azúcar, etanol y otros derivados. Su acumulación depende de factores genéticos y ambientales, y es el principal indicador de calidad industrial del cultivo. La concentración de sacarosa en los tallos se mide mediante parámetros como Brix y Pol.

Trampa atrayente: Dispositivo utilizado en el control de plagas que emplea compuestos volátiles, como feromonas o fermentos, para capturar insectos adultos. Estas trampas son una herramienta clave en el manejo integrado, reduciendo las poblaciones de plagas sin impacto negativo en el ambiente.

Umbral económico: Nivel crítico de daño causado por una plaga, definido como el punto en el que las pérdidas económicas superan el costo del control. En la caña de azúcar, este umbral guía las decisiones sobre la aplicación de métodos de manejo para evitar pérdidas significativas.