

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Estimación de pérdidas y Nivel de daño Económico para *Diatraea saccharalis*, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cosecha 2016-2020.

Por:

Br. Henry Francisco Hernández Lemus

Br. Karla Mariana Rivas Morales

Ciudad Universitaria, septiembre de 2022



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Estimación de pérdidas y Nivel de daño Económico para *Diatraea saccharalis*, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cosecha 2016-2020.

Por:

Br. Henry Francisco Hernández Lemus

Br. Karla Mariana Rivas Morales

Ciudad Universitaria, septiembre de 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL



Estimación de pérdidas y Nivel de daño Económico para *Diatraea saccharalis*, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cosecha 2016-2020.

Por:

Br. Henry Francisco Hernández Lemus

Br. Karla Mariana Rivas Morales

Requisito para optar al título de:

Ingeniero Agrónomo.

Ciudad Universitaria, septiembre de 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL:

---

Ing. Agr. M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores

DOCENTES DIRECTORES:

---

Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes

---

Ing. Agr. M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores

---

Ing. Agr.M. Sc. Moisés Ulises López Torres

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN.

---

Ing. Agr. M. Sc. Rafael Antonio Menjívar Rosa

## RESUMEN

La investigación se realizó en cooperación con Ingenio El Ángel y la Facultad de Ciencias Agronómicas de La Universidad de El Salvador. Se procesó la información que se había generado por el Ingenio en las últimas 4 zafras, considerando el material de caña cosechado en 17 lotes cañeros ubicados en su zona de influencia, y que presentaron registros de daño por *Diatraea* durante la entrega en zafra entre 2016 a 2020. Los datos se ocuparon para estimar pérdidas causadas por barrenador. Mediante revisión bibliográfica de controles químicos y biológicos se modeló una tabla de sensibilidad que permitió medir una densidad poblacional (NDE) utilizable para tomar decisiones de control en campo. La evaluación de simetría de los datos mostró poca homogeneidad, por lo que se transformaron las variables: kilogramos de azúcar por manzana (KgAz/mz), y Toneladas de azúcar por manzana (TonAz/mz) con un arreglo cuadrático y luego se sometió a un análisis bajo el Modelo Mixto. Los datos encontrados mostraron una baja relación entre los rendimientos y los índices de daño ( $p > 0.05$ ). Presentando valores significativos solamente la regresión del cuadrado de kilogramos de azúcar por Tonelada (cuadKgAz/Ton) con el índice de infestación (IF). Los valores de  $R^2$ , presentaron un comportamiento por debajo del valor que podría significar una relación entre variables ( $r = 0.02$  a  $0.07$ ). Se observó que la variable independiente explica en un 7% los resultados de la variable dependiente. Lo anterior sugiere que hay otras variables que están influyendo en las variables de rendimiento que no se tomaron en cuenta en los muestreos realizados en patio, como los son: fertilización, control de plagas y enfermedades, tipo de cosecha, entre otras. No se descarta que pueda haber relación estadística, pero con la información recolectada, no fue posible detectarla.

Palabras clave: *Diatraea saccharalis*, modelo mixto, rendimiento de campo, rendimiento de fábrica, estimación de pérdida.

## ABSTRACT

This research was carried out in conjunction with Ingenio El Angel and the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. The information generated at Ingenio El Ángel in the last 4 harvests was evaluated. The sugar cane material harvested in 17 lots located in the area of influence of the El Ángel sugar mill returned, and reports of damage to the delivery in the harvest appeared. The harvests to evaluate are the ones from 2016 to 2020. After a normality evaluation of data, turned out to be not homogeneous, so the variables KgAz/mz and TonAz/mz were transformed with a quadratic arrangement and then subjected to an analysis under the mixed model. The data found showed a low relationship between yields and damage rates ( $p>0.05$ ). Presenting significant values only the regression of the square of kg of sugar per Ton (cuadKgAz/Ton); with infestation index (IF). The values of  $R^2$ , presented a behavior below the value that could mean a relationship between variables. ( $r=0.02$  to  $0.07$ ). It was observed that the independent variable explains 7% of the results of the dependent variable. Therefore, it is concluded that there are many more variables that are influencing the performance variables that were not taken into account in the sampling carried out in the patio. It is not ruled out that there may be a statistical relationship, but with the information collected it was not detected.

Key words: *Diatraea saccharalis*, economic loss estimation, mixed model, field yield, factory yield, sugar cane.

## DEDICATORIA

Con mucho amor dedico este trabajo a Dios el dador de la vida, por ser luz y guía en mi camino, por darme salud, ánimos y la fuerza necesaria para poder culminar este trabajo.

A mi familia por creer y confiar en mí, y brindarme todo el apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, de manera muy especial a mis padres por sus consejos y por siempre motivarme para poder alcanzar mis sueños.

En general dedico este esfuerzo a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para que culmine con éxito el presente estudio.

Mariana Rivas.

## DEDICATORIA

A Dios, mi Familia, mi Patria y mi Alma Mater.

Henry Francisco Hernández Lemus.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la fuerza necesaria para culminar este trabajo

Infinitas gracias a mi familia, la bendición más grande de mi vida, por su apoyo, por ser el motor de mi vida y mi fuente de inspiración para lograr superar los nuevos retos y ser una mejor persona.

Un sincero agradecimiento a mis asesores Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes, Ing. M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores, Ing. Agr. M. Sc. Moisés Ulises López Torres, por compartir sus conocimientos y por haberme brindado la orientación necesaria, la comprensión y la paciencia durante el desarrollo de este proceso.

A mi compañero y amigo de tesis Henry Francisco Hernández Lemus por el apoyo, compromiso, responsabilidad y por cada una de las experiencias compartidas en este proceso.

Quiero agradecer de manera especial a Grupo El Ángel por la confianza y oportunidad que nos brindaron para realizar con ellos esta investigación.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos por su aprecio en el transcurso de la carrera.

Mariana Rivas.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A los docentes que me guiaron en este proceso, por su paciencia y pasión por la enseñanza.

A mi familia, que siempre estuvo apoyándome en este camino de preparación.

Henry Francisco Hernández Lemus.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>xii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.</b>	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>2</b>
2.1 Descripción de la caña de azúcar.	2
2.1.1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar	2
2.1.2. Origen de la caña de azúcar	3
2.1.3. Condiciones agroclimáticas para la producción de azúcar	3
2.1.3.1. Clima y suelo	3
2.1.3.2. Nutrición	3
2.1.4. Ciclo vegetativo	4
2.2. Plagas en caña de azúcar	5
2.2.1. Gallina ciega (Coleóptera: Scarabaeidae: <i>Phyllophaga spp.</i> )	5
2.2.2. Chinche hedionda (Heteroptera: Cydnidae: <i>Scaptocoris talpa</i> )	6
2.2.3. Salivazo. (Homóptera: Cercopidae: <i>Aeneolamia spp.</i> )	6
2.3. Generalidades del Barrenador ( <i>Diatraea saccharalis</i> )	7
2.3.1. Clasificación taxonómica	7
2.3.2. Biología y ecología	7
2.3.3. Hospederos alternos	9
2.3.4 Importancia económica	9
2.4. Aspectos generales del concepto de Manejo integrado de plagas (MIP)	10
2.4.1. Niveles de decisión económica	10
2.4.2. Niveles de daño económico	10
2.4.3. Umbrales económicos.	11
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>12</b>
Descripción del estudio	12
Metodología estadística	12

Simetría de datos (Índice de oblicuidad o Skewness)	13
Transformaciones.	13
Regresiones lineales (Modelos Lineales y Modelo Mixto)	14
Metodología económica	14
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>16</b>
<b>4.1. Modelo lineal general (Por años).</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Modelo Lineal General (Datos totales)</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Modelo Mixto</b>	<b>20</b>
Tabla de sensibilidad de Nivel de Daño Económico (Datos transformados.)	21
Tabla de sensibilidad de Nivel de Daño Económico (Datos originales).	21
Influencia de cada variable.	22
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>24</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>25</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>26</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación taxonómica de la caña de azúcar .....	2
Cuadro 2: Extracción estimada de macro nutrientes de la caña de azúcar en Kg/Tm de caña producida.....	4
Cuadro 3: Clasificación taxonómica de <i>Diatraea saccharalis</i> . ....	7
Cuadro 4: Hospederos alternos de <i>Diatraea</i> . ....	9
Cuadro 5: Formato de datos recolectados en Campo .....	13
Cuadro 6: Información de Productos químicos a utilizar(A-2).....	14
Cuadro 7: Información de Producto biológico a utilizar.....	15
Cuadro 8: Tabla de Sensibilidad.....	15
Cuadro 9: Valores de p-valor de la regresión lineal (Modelo por años).....	16
Cuadro 10: Resultados de Infostat de $R^2$ de las variables en estudio.....	18
Cuadro 11: Valores de p-valor de la regresión lineal (Modelo con todos los datos) .....	18
Cuadro 12: Valores de p de regresiones lineales de las variables (R-Studio) .....	20
Cuadro 13: Variables de NDE con datos sin transformación.....	22
Cuadro 14: Nombres comerciales de los tratamientos .....	32
Cuadro 15: Variables de NDE con datos transformados.....	33

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Dispersión en Infostat de datos de la regresión de cuadrado de kilogramos de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) con Índice de infestación (IF) 2019.....	17
Figura 2: Dispersión en Infostat de datos de la regresión de intensidad de infestación (ii) con el cuadrado de toneladas de azúcar por manzana (cuadtonAz/mz) para el año 2019 .....	17
Figura 3: Salida de Infostat para cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/ton) con índice de infestación (IF). .....	19
Figura 4: Salida de Infostat para cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/Ton) con intensidad de infestación (ii). .....	19
Figura 5: Dispersión de datos no transformados .....	21
Figura 6: Procedimiento de conteo de esquejes en Patio del Ingenio .....	30
Figura 7: Conteo de tallos dañados en Patios de Ingenio .....	31
Figura 8: ANVA en Infostat con suma de cuadrados para el cuadrado de toneladas por manzana (cuadTonAz/mz) con intensidad de infestación (ii) para la zafra de 2019. ....	32
Figura 9: Dispersión de datos transformados.....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1: Metodología de muestreo en patio.	30
Anexo 2: Nombres comerciales de las moléculas en la región de El Salvador .	32
Anexo 3: ANVA en Infostat con suma de cuadrados	32
Anexo 4: Tabla sensibilidad para datos Transformados.	33

## 1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un cultivo de importancia económica y social debido a que produce divisas y genera una gran fuente de empleo, ya que decenas de miles de trabajadores dependen de la actividad de este cultivo (Salgado 1995). En El Salvador según la Industria Azucarera, el período de recolección de caña y producción de azúcar es importante por los puestos de trabajo que se generan, sumando unos 50,000 empleos directos que se multiplican por cinco empleos indirectos y llegan a generar unos 250,000 puestos de trabajo (Guzmán 2019).

Las plantaciones de caña de azúcar son atacadas por diversas plagas, desde la siembra hasta el momento de la cosecha. Las plagas están presentes en toda o casi toda el área de cultivo, por lo que constantemente causan daños. Entre las más perjudiciales se mencionan los barrenadores del tallo de la caña de azúcar, *Diatraea spp.* (Badilla 1991).

Estas plagas inciden de tal manera que, si no se les da el manejo adecuado, pueden llegar a reducir el rendimiento de la cosecha e incrementar los costos de producción. El daño causado por los barrenadores en caña es mayor de lo que parece y muchas veces puede pasar inadvertido y detectarse hasta el momento de la extracción del jugo, ya que las larvas penetran en el tallo y pasan allí la mayor parte de su ciclo de vida, protegidos de efectos externos adversos (Rodríguez y Rodríguez 2013).

Estudios realizados por Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) han estimado pérdidas de 0.34 kg Azúcar/Tm por 1% de entrenudos dañados y un Índice de daño de 36.6 kg de Azúcar/Ha (Márquez 2018).

Considerando las cuantiosas pérdidas ocasionadas por el barrenador del tallo, según lo observado en estudios realizados en la región; y basados en la importancia económica que tiene el cultivo de la caña de azúcar en nuestro país, se planteó estimar pérdidas económicas y el nivel de daño económico que produce esta plaga e investigar bibliográficamente diferentes métodos de control químicos y biológicos. Esta información permite desarrollar herramientas de manejo que mantengan la cantidad de plaga en niveles que reduzcan sus daños, midiendo escenarios de cambio con las variables que influyen en su valor económico.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Descripción de la caña de azúcar.

Morfológicamente se caracteriza por presentar macollos, que son brotes secundarios que se forman a partir de las yemas axilares, ubicadas en los nudos del eje principal. Se propaga en forma asexual por medio de trozos o esquejes que contienen las yemas, donde cada una puede desarrollarse en un tallo primario, que a su vez forma tallos secundarios y terciarios.

El 65% de las raíces se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad del suelo y el 80% de ellas se concentran en un radio de 60 cm de la cepa y 60 cm de profundidad.

Los tallos son cilíndricos, erectos, fibrosos y compuestos de nudos y entrenudos, la altura varía desde 1.0 hasta 5.0 m, y el diámetro varía de 1.0 cm a 5.0 cm. La hoja de la caña de azúcar, después de desarrollada, consiste en una lámina y vaina que rodea al tallo, distribuyéndose en forma alternada y opuesta (Duarte y González 2019).

#### 2.1.1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

El género fue descrito originalmente por Carlos Linneo (Cuadro 1), siendo la especie tipo empleada la *Saccharum officinarum* L. El nombre del género proviene del latín *Saccharum* que significa azúcar (Chaves 2018).

Buenaventura citado por Fernández (2013) determina que la caña de azúcar (*Saccharum spp*, L.) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que, al ser extraído y cristalizado en el ingenio, forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis.

Según Bertoncini *et al.* citado por Alvarado (2017) la clasificación taxonómica de la caña de azúcar es la siguiente:

Cuadro 1: Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Angiospermae
Sub-clase	Monocotyledoneae
Orden	Commelinales
Familia	Poaceae
Género	<i>Saccharum</i>
Especies:	<i>officinarum</i> L, <i>spontaneun</i> , <i>robustum</i> , <i>barberi</i> , <i>sinensis</i> , <i>edule</i> .

### 2.1.2. Origen de la caña de azúcar

Se ha mencionado que fue Cristóbal Colón quien, en 1492, en su segundo viaje, introdujo la caña en América, a la Isla de La Española pero estas cañas no prosperaron. Se afirma que en 1501 fueron introducidas plantas que sí crecieron y llegó el éxito de las plantaciones de azúcar a Santo Domingo, República Dominicana y que este se multiplicó a lo largo del Caribe y América del Sur. En Colombia se plantó por primera vez en Santa María La Antigua del Darién en 1510 (PROCAÑA s.f.).

Hernán Cortés hizo traer el cultivo de la caña a México por el año de 1520, cultivo que fue extendiéndose hasta Sudamérica, por lo que sin duda alguna llegó a Centroamérica por el año de 1530, llegando posiblemente a Nicaragua, introducida por Pedrarias Dávila, extendiéndose por todo el territorio del istmo y por ende a El Salvador. En 1523 Cuba la comenzó a sembrar (Arias y Córdova 1995).

La introducción de la caña de azúcar en El Salvador se menciona en el documento publicado por el Ingeniero José Manuel Henríquez y por Miguel Ángel Gallardo, llegó desde México; pero nadie mostró interés por la fabricación de azúcar (Blanco *et al.* 1990).

### 2.1.3. Condiciones agroclimáticas para la producción de azúcar

#### 2.1.3.1. Clima y suelo

Según MAG (1991) “La caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración. Mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante las maduraciones, mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son: para la germinación entre 32°C y 38°C, para el macollamiento 32°C y para el crecimiento 27°C.

La precipitación anual adecuada para este cultivo es de 1,500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses). La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y lograr el acumulo de sacarosa. La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados ricos en materia orgánica, topografía plana y semiplana y con pH entre 5.5 y 7.5 (MAG 1991).

#### 2.1.3.2. Nutrición

La caña de azúcar puede adaptarse a suelos marginales y a cambios bruscos en la fertilidad de los mismos, aunque los suelos pobres propician producciones mediocres en el ámbito internacional. La rusticidad de la planta y la fertilidad del suelo forman una relación importante. Esta planta es relativamente tolerante a la presencia de aluminio intercambiable en el suelo, lo que permite el crecimiento de la misma en las capas subsuperficiales de los suelos en la finca (Chaves citado por Díaz y Portocarrero 2002).

Chaves citado por Díaz y Portocarrero (2002) indica que la caña de azúcar está clasificada dentro del grupo de las plantas C4 y es una planta altamente eficiente en la utilización de los nutrimentos del suelo. La cantidad de los nutrimentos extraídos por la planta y su forma absorbible son presentados en el cuadro 2.

Cuadro 2: Extracción estimada de macro nutrientes de la caña de azúcar en Kg/Tm de caña producida.

Nutrimento	Extracción del suelo			
	Kg/Tm		Kg En 80 Tm (promedio / ha) *	
	Nutrimento	Forma Extraíble	Nutrimento	Forma Extraíble
N	0.93	0.93	74.4	74.4
P	0.27	0.62	21.6	49.6
K	1.65	1.98	132.0	158.4
Ca	0.34	0.48	27.2	38.4
Mg	0.25	0.41	20.0	32.8
S	0.29	0.87	23.2	69.6
Si	0.93	1.99	74.4	159.2

\*Rendimiento nacional

Fuente: Chaves M 1999.

#### 2.1.4. Ciclo vegetativo

La caña de azúcar posee un periodo vegetativo muy variable, cuya duración depende básicamente de las características del material genético utilizado, y también de la influencia que el clima ejerce en este proceso biológico. En Costa Rica varía entre 9 y 24 meses de edad en relación casi directa con el piso altitudinal (0-1550 msnm), manteniendo las plantaciones cultivadas a más de 1000 msnm ciclos por lo general entre 16 y 24 meses en planta y de 12 a 18 meses en soca o retoño; abajo de esa altitud el ciclo por lo general es de 9 a 14 meses (Chaves 1999).

En caña de azúcar se establecen cuatro fases en el ciclo de desarrollo vegetativo; estas se describen a continuación.

##### Germinación y emergencia

Es el proceso que da paso de los órganos primordios latentes en la yema al estado activo de crecimiento y desarrollo. Aunque la duración de esta etapa puede variar, inicia entre los 7 a 10 días después de la siembra. El crecimiento inicial se prolonga hasta los 35 días. Las temperaturas óptimas para la brotación oscilan entre los 24 a 37°C con disponibilidad de buena humedad en el suelo (SAGARPA 2015).

##### Amacollamiento y ahijamiento

Comienza alrededor de los 35 a 40 días después de la plantación y se caracteriza por el brote de varios tallos a partir de las articulaciones nodales que se encuentran en la base de los tallos primarios. Los factores que favorecen el ahijamiento son: la variedad, los días de larga duración y alta intensidad luminosa, una temperatura cercana a los 30°C es la óptima, buenas condiciones de humedad en el suelo y buen nivel de nitrógeno (SAGARPA 2015).

## Rápido crecimiento

La plantación crece y desarrolla con gran rapidez, manteniendo un gran acúmulo de materia seca y definiendo con ello el futuro tonelaje. Se ubica entre el "cierre" de la plantación y el inicio de maduración de los tallos. En esta fase como en la anterior los contenidos de humedad en los tejidos y el nitrógeno mantienen niveles de concentración elevados (Chaves 1999).

Puede prolongarse de acuerdo a la variedad, la temperatura y la humedad. Sin embargo, como referencia puede citarse que comienza alrededor de los 120 días después de la plantación y es a los 180 días aproximadamente queda definido la población de tallos (sólo sobreviven entre el 40 y el 50% de los hijuelos o retoños) (SAGARPA 2015).

## Maduración

Tiene una duración de unos 2 a 3 meses. Los factores que favorecen el almacenamiento de sacarosa son aquellos que inhiben el crecimiento de la planta, entre ellos la presencia de noches frescas (temperaturas de 18°C), días calurosos y secos (SAGARPA 2015).

Otros factores que intervienen en la duración de esta fase se relacionan con las características genéticas del clon, las condiciones edafo-climáticas y de manejo en que se encuentre ubicado. La maduración se refiere al proceso sistemático de acumulación de sacarosa en los tallos, en el cual los azúcares simples o primarios (reductores): glucosa y fructuosa, se integran para formar la sacarosa (azúcar no reductor), disacárido de interés comercial directo. La duración puede ser reducida mediante el empleo de madurantes químicos artificiales, que detienen el crecimiento y estimulan el rápido acúmulo de sacarosa (4-8 semanas), aunque por lo general la fase natural tarda de 2 a 3 meses. Los contenidos de humedad en los tejidos de la planta disminuyen aceleradamente hasta ubicarse en niveles próximos a 73% (humedad gravimétrica), durante su punto ideal de cosecha, lo que también ocurre con el nitrógeno (0.25%); ambos indicadores son valorados en los internudos 8-10 del tallo como sección indicadora. La emergencia de la flor marca el inicio de esta fase, la cual culmina con la cosecha de la planta en su punto de máxima concentración de sacarosa en los tallos. Existe un cambio anatómico-fisiológico importante, que es la conversión del meristemo apical y floral (Chaves 1999).

## 2.2. Plagas en caña de azúcar

El complejo de plagas que habitan el sistema radicular presenta variaciones, según la región y altitud. Dentro de este complejo se ha identificado de importancia a las especies de Gallina ciega: *Phyllophaga* (CENGICAÑA 2012).

Los géneros de Gusano alambre y su abundancia relativa son: *Dipropus spp* (92 %); *Horistonotus spp* (3.3 %); *Agrypnus spp* (2.6 %) y *Dilobitarsus spp* (2 %). También se han integrado insectos como Chinche hedionda (*Scaptocoris talpa*), Picudos (*Sphenophorus spp*) y Termitas (*Heterotermes convexinotatus*) (CENGICAÑA 2012).

### 2.2.1. Gallina ciega (Coleóptera: Scarabaeidae: *Phyllophaga spp.*)

Según CENGICAÑA citado por Díaz y Portocarrero (2002) dependiendo de la especie de gallina ciega el ciclo de vida dura de 8 a 16 meses, sin embargo, en algunos casos puede llegar hasta 24. Las larvas permanecen en el suelo, especialmente en los primeros 30 cm de profundidad, alimentándose de las raíces.

El daño se manifiesta con mayor intensidad en los meses de agosto a octubre, cuando las larvas se encuentran en el tercer estadio que es el más voraz. Los adultos emergen de sus cápsulas y aparecen en los campos de cultivo en el período de abril a junio, que coincide con el inicio y establecimiento de la época lluviosa en Centroamérica (Macz *et al.* citado por Diaz y Portocarrero 2002).

La magnitud del daño depende del número de larvas que afecten la cepa de la caña, cuando se producen infestaciones severas es muy frecuente observar grandes cantidades en el interior de la cepa al dejarla desprovista de raíces, se reduce la capacidad de absorción de agua, minerales y nutrimentos, lo que retarda el crecimiento y limita la producción potencial y la obtenible. El daño en las cepas es la pérdida de anclaje, propiciando fácil arranque de las mismas por el viento o la maquinaria en las labores del cultivo, produciéndose en consecuencia una disminución en las poblaciones de tallos de la caña en la soca o rebrote (ASOCAÑA citado por Diaz y Portocarrero 2002). Además, las heridas que ocasiona facilitan el ingreso de agentes infecciosos como hongos, bacterias y nemátodos (Díaz y Portocarrero 2002).

#### 2.2.2. Chinche hedionda (Heteroptera: Cydnidae: *Scaptocoris talpa*)

El adulto se caracteriza por poseer un exoesqueleto ancho, extenso, redondeado o triangular, con el ápice aplastado y generalmente de color café oscuro a negro. Geográficamente se ha mencionado en México, Guatemala y Honduras (Carrillo, citado por Diaz y Portocarrero 2002).

Las hembras ponen huevos cerca de la raíz de la caña y otras plantas silvestres, las ninfas recién nacidas se movilizan a través de la tierra y llegan al sistema radicular para succionar la savia, lo que provoca un crecimiento lento y delgado de los tallos. Los adultos pasan fácilmente de una cepa a otra sin salir del suelo, debido a sus patas típicamente excavadoras. Una alta infestación en caña de 2 a 4 meses de edad produce un amarillamiento del follaje y la muerte paulatina del mismo. Estudios de la fluctuación poblacional indican que la mayor densidad poblacional de adultos se observa en el período de mayo a septiembre (Macz, *et al.* citado por Diaz y Portocarrero 2002). En aquellas áreas con mayor incidencia de esta plaga debe hacer un muestreo hasta los 60 cm de profundidad, ya que con ello se garantiza un sondeo de más del 75% de las ninfas y adultos, una característica asociada a la presencia de esta plaga en el suelo es el olor que despiden cuando se hacen un muestreo de suelos aún con el uso del tubo Hoffer (Diaz y Portocarrero 2002).

#### 2.2.3. Salivazo. (Homóptera: Cercopidae: *Aeneolamia spp.*)

La chinche salivosa es hoy por hoy la plaga de mayor importancia económica, su género *Aeneolamia* es el de mayor presencia en las plantaciones de caña, aunque el género *Prosapia* también representa importancia económica. Su ciclo de vida dura aproximadamente unos 52 días distribuidos así: Huevo 16 días, en el estadio de ninfa dura aproximadamente 28 días y 8 días como adulto. Los huevos tienen la capacidad de ser diapáusicos y pueden durar toda la época seca sin eclosionar y hacerlo hasta la siguiente época de lluvias, esto dificulta el manejo de la chinche salivosa (CENGICAÑA 2012).

## 2.3. Generalidades del Barrenador (*Diatraea saccharalis*)

### 2.3.1. Clasificación taxonómica

En la actualidad, los barrenadores pertenecientes al género *Diatraea* se consideran de las principales plagas de cultivos como la caña de azúcar en el continente americano (Cuadro 3). Se reportan 21 especies; siendo las más importantes *saccharalis* (Fabricius), *buskella*, *pittieri*, *impersonatella*, *lineolata* y *rosa* (O'Reilly citado por Argueta y Hernández 2011).

Cuadro 3: Clasificación taxonómica de *Diatraea saccharalis*.

Reino	Animalia
Phylum	Artrópoda
Clase	Insecta
Orden	Lepidoptera
Familia	Pyralidae
Subfamilia	Crambinae
Género	<i>Diatraea</i>
Especies	<i>saccharalis</i> , <i>buskella</i> , <i>pittieri</i> , <i>impersonatella</i> , <i>lineolata</i> , <i>rosa</i>

Fuente: Argueta y Hernández 2011.

De las anteriores, se considera plaga de importancia en El Salvador a *Diatraea saccharalis* F, que es una plaga de suma importancia por los perjuicios que ocasiona al cultivo y al rendimiento industrial. Generalmente existe un buen control natural; sin embargo, los desequilibrios biológicos causados por factores ambientales o prácticas agronómicas inadecuadas favorecen el incremento de esta plaga, alcanzando niveles de infestación y de daño muy altos (Miguel Paniagua citado por Argueta y Hernández 2011).

En un estudio realizado por Joyce *et al.* (2016); se describe que en El Salvador se encuentran dos especies de *Diatraea*: *D. saccharalis* y *D. lineolata* parasitando cultivos como: arroz, Maíz, y Caña en diferentes épocas del año, siendo más abundante *D. saccharalis* en el centro y occidente y *D. lineolata* en el oriente del país.

### 2.3.2. Biología y ecología

Las hembras de *Diatraea* ponen sus huevecillos en masa en el haz y envés de las hojas de la caña de azúcar. Los huevecillos son de color blanco crema, circulares y aplanados, similares en apariencia a un grupo de escamas de pescado. Los huevecillos son lisos ovalados y están sobrepuestos en pequeños grupos de 25 aproximadamente (Rodríguez *et al.* 2012).

De manera general su ciclo biológico está compuesto por los diferentes estadios:

#### Huevo

Los huevos son de forma ovalada, elíptica y aplanada, recién puestos son de color blanco cremoso y cuando están próximos a la eclosión se tornan rojizos o anaranjados, miden 1.16 mm de largo por 0.05 mm de ancho, la duración de esta fase es muy variable (en función principalmente de la temperatura), promediando entre 1 y 2 semanas (Argueta & Wilfredo citado por Arreaga 2018).

## Larva

Es de tipo eruciforme, sin setas secundarias; con patas y pseudopatas normales, el cuerpo de color amarillento con pequeñas puntuaciones o manchas marrones, que asemejan dos líneas dorsales. Presentan 5 estadios larvales comprendidos en un periodo de alrededor de 25 días, dependiendo de la temperatura (Bonzi citado por Arreaga 2018).

Después de la eclosión, las orugas bien pequeñas se mueven de una hoja a otra, colgando de un fino hilo de seda; caminan por las hojas y pasan a alimentarse del parénquima foliar durante los primeros 2 o 3 días. Este período corresponde a los dos primeros instares, y hacen galerías en la nervadura central, alimentándose de la parte interna de la vaina. Después de hacer las primeras galerías a los 10-15 días penetra al tallo por los canutos apicales donde permanecen por un lapso de 18-24 días en el verano, aunque se puede extender hasta 60 días en el invierno. Normalmente cuando el ataque se produce en las proximidades de la región de crecimiento de la planta, muere la yema apical. Se reconoce fácilmente por el amarillamiento de las hojas más nuevas («corazón muerto») (Bonzi citado por Arreaga 2018).

## Pupa

La pupa del barrenador es del tipo adéctica que está caracterizada porque los órganos bucales no son móviles y pertenece a la forma obrecta en donde los apéndices corporales se pueden observar, pero están fuertemente pegados al cuerpo mediante una secreción especial o líquido exuvial. En el extremo terminal presenta el poro genital, el cual se utiliza para diferenciar el sexo.

Las pupas recién formadas son casi blancas, tomando a las pocas horas una coloración caoba. En este estado el insecto es poco móvil y realiza solo movimientos circulares son la parte abdominal cuando es molestado. Al finalizar el proceso de pupación, ocurre la emergencia del adulto que se libera de la exuvia protectora de la pupa y rompe la delgada capa de epidermis de la perforación de salida construida durante el estado larval e inicia de esta forma su vida en el medio exterior (IGN 2009). Y en este periodo permanece de 10 a 14 días, al final del cual emerge la mariposa (Arreaga 2018).

## Adulto

El adulto o imago del barrenador es una pequeña polilla de color pajizo de poco más de 1 cm de longitud y que en estado de reposo une las alas y forma un ángulo obtuso con el vértice hacia la parte dorsal. Los machos, son generalmente más pequeños que las hembras y tienen el abdomen más fino y las alas más oscuras que estas. Los adultos constituyen el estado de mayor movilidad del insecto, el cual puede desplazarse mediante el desarrollo de sus funciones vitales (IGN citado por Najarro 2009).

Para que exista la reproducción inicialmente es necesario que se efectúe la maduración sexual de las polillas. Después las hembras sexualmente maduras atraen a los machos mediante secreciones de las glándulas sexuales situadas en la mitad posterior del abdomen y ocurre de esta forma el acoplamiento y la fecundación.

Las hembras fecundadas realizan la oviposición, generalmente durante la noche, sobre el haz y envés de las hojas de la caña de azúcar. La oviposición es cercana a la nervadura central y en la dirección de este, aunque con mayor frecuencia las oviposiciones se localizan en el envés cerca de la base o del ápice. Las hembras ponen como promedio alrededor de 300 huevos, más del 80% fértiles (IGN citado por Najarro 2009).

La producción de huevos fértiles puede comenzar dentro de las siete primeras horas después de la cópula y continúa hasta el sexto o séptimo día de vida de la hembra, siendo mayor en los primeros días (IGN citado por Badilla y Alfaro 1994).

### 2.3.3. Hospederos alternos

Los barrenadores del tallo de la caña de azúcar del género *Diatraea* son especies polífagas dentro de la familia de las gramíneas (cuadro 4), capaces de atacar, además de la caña de azúcar, un gran número de plantas. Entre estas tenemos:

Cuadro 4: Hospederos alternos de *Diatraea*.

Nombre científico	Nombre común
<i>Echinochloa colonum</i> L.	Arrocillo
<i>Oryza sativa</i> L.	Arroz
<i>Sorghum sudanensis</i> Piver	Pasto sudan
<i>Sorghum halepensis</i> L.	Sorgo forrajero, Pasto Johnson
<i>Paspalum virgatum</i> L.	Cortadora, Navajuela*
<i>Panicum barbanoides</i> Trin.	Pará
<i>Zea mays</i> L.	Maíz
<i>Cymbopogon citratus</i> D:C	Limoncillo
<i>Pennisetum purpureum</i> Schum	Napier
<i>Triticum aestivum</i> L.	Trigo
<i>Bambusa vulgaris</i> L.	Bambú

\*En la región (SV) se utiliza este nombre para esta especie.

Fuente: Najarro 2009

En condiciones tropicales, la determinación de los hospedantes secundarios de una plaga, puede tener gran importancia en cultivos de estación, ya que en estos casos la población de la plaga se mantiene generalmente en estos hospedantes hasta la época de siembra del cultivo, en cuestión, por lo que puede ser aplicado un programa de control o por los menos prever su aparición en la planta económicamente importante. Sin embargo, en cultivos como la caña de azúcar, que permanecen sembrados durante todo el año y que abarcan una gran extensión superficial donde los campos presentan diferentes edades y por lo tanto distintas etapas fenológicas del crecimiento de las plantas, la determinación de los hospedantes secundarios no es de gran importancia (IGN 1979).

### 2.3.4 Importancia económica

Cualquier porcentaje de daños debido a esta plaga, por pequeño que sea, equivale a grandes pérdidas económicas e impide elevar los rendimientos, mantener zafras altas y estables y, por lo tanto, influye de una forma directa en todo el proceso productivo. Se estima que por cada 1 % de incremento de la intensidad de la plaga se pierden 5.8 Kg de azúcar por hectárea, lo que significa una disminución de 1.6 % del rendimiento que producen las cañas sanas (Aday *et al.* citado por Argueta y Hernández 2011).

En estudios realizados en CENGICAÑA (Zafra 2010-2011) sobre la variedad CP 722086; indican que por cada uno por ciento de intensidad de infestación el factor de pérdida es de 0.36 kg Azúcar/tonelada. Económicamente por cada uno por ciento de intensidad de infestación de los barrenadores, se tiene estimado que las pérdidas se reflejan hasta USD11.03/ ha (Ortiz 2014).

#### 2.4. Aspectos generales del concepto de Manejo integrado de plagas (MIP)

Todos los organismos están sujetos a las presiones del ambiente en el que viven y estos factores, junto con la composición genética de la especie, determinan su abundancia y existencia en un área determinada. Utilizando los rasgos que lo distinguen bruscamente de otras especies, el hombre ha desarrollado tecnología que le permite modificar los ambientes para satisfacer sus necesidades (Stern *et al.* 1959).

Hertzler citado por Stern *et al.* (1959) menciona que "el hombre al eliminar muchas especies; y cambiar el ambiente de las regiones para satisfacer sus necesidades de comida y espacio; un número de especies, particularmente entre los artrópodos, se convirtió en su competidor directo".

En el pasado reciente se han producido cambios dinámicos en las ciencias de protección de cultivos: entomología (estudio de insectos), patología de plantas (estudio de enfermedades de plantas) y ciencia de malezas. Estos cambios han sido estimulados por varios factores, incluida la preocupación general por un ambiente de calidad, los riesgos de daños intensos de las plagas a los sistemas de producción de alimentos y fibra, el aumento de los costos de los programas convencionales de protección de cultivos, los riesgos toxicológicos del uso indebido de pesticidas y las interacciones negativas de prácticas de protección de cultivos independientes y a menudo de base estrecha.

Ahora hay un retorno a los enfoques ecológicos en la protección de cultivos y disciplinas relacionadas. El manejo integrado de plagas (MIP) tiene como objetivo integrar metodologías en toda la protección de cultivos disciplinas de manera compatible con el sistema de producción de cultivos. MIP es ecología aplicada (IGNOU 2017).

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto amplio que se refiere a un sistema de manejo de poblaciones plagas, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico (Smith y Reynolds citado por Márquez 2015).

##### 2.4.1. Niveles de decisión económica

El concepto de tolerar las lesiones causadas por plagas no fue introducido por Stern *et al.* en 1959; fue discutida al menos ya en 1934 (Pierce 1934) pero no parece haber sido desarrollada más adelante hasta 1959 (Kogan citado por Radcliffe *et al.* 2009).

En respuesta a las fallas en los controles de plaga en California debido a la resistencia a los insecticidas por plagas y a la mortalidad por insecticidas de los enemigos naturales Stern *et al.* (1959) propuso primero los conceptos fundamentales de Nivel de daño económico (NDE) y el umbral económico (UE), daño económico y estado de plaga

##### 2.4.2. Niveles de daño económico

El tema de los niveles de daño económico probablemente es el asunto usualmente más discutido en la economía entomológica y el manejo de insectos plaga hoy en día.

Las preguntas principales formuladas son: ¿Cuántos insectos me causan cuánto daño, y es el daño significativo? La mayoría de entomólogos están de acuerdo que una regla de decisión común o umbral debe responder dicha pregunta y que dichas reglas de decisión son la columna vertebral del control progresivo de plagas.

A la fecha de hoy la forma más ampliamente aceptada es la del umbral económico presentada por Stern *et al.* (1959). Estos autores desarrollaron su norma de decisión de los principios básicos de daño económico y del nivel de daño económico (NDE) (Pedigo *et al.* 1986).

Según Márquez (2015); el concepto de NDE constituye la base de la mayoría de los programas de Manejo Integrado que se usan actualmente, con la ventaja de su simplicidad y aplicación práctica en la mayoría de las situaciones. El nivel de daño económico se debe interpretar como la densidad poblacional de la plaga, en la cual el costo de la medida de control iguala al beneficio económico esperado, es decir, que la acción de control "salva" una parte del rendimiento, el cual se hubiera perdido si no se toma la decisión de hacer el control. Esta condición se expresa por la ecuación:

$$C = ID \times D \times P \times K$$

De donde:

C = Costo económico asociado a la medida o plan de manejo de la plaga

ID = El índice de daño determinado para la plaga

D = Densidad poblacional de la plaga

P = Precio unitario de venta del producto

K = El grado de supresión de la plaga, efectuado por la medida de control

#### 2.4.3. Umbrales económicos.

El umbral económico (UE) difiere del NDE en que es una regla práctica u operativa, más que teórica. Stern 1959 definió el UE como "la densidad de población a la cual se debe determinar (iniciar) la acción de control para evitar que una población de plagas (lesión) en aumento alcance el nivel de lesión económica". Aunque se mide en densidad de insectos, el UE es en realidad un tiempo para tomar medidas, es decir, los números son simplemente un índice de ese tiempo. Algunos trabajadores se refieren al UE como el umbral de acción para enfatizar el verdadero significado del UE (Pedigo s.f).

El UE es un valor complejo que depende de la estimación y predicción de varios parámetros difíciles. Los más significativos incluyen 1) las variables del NDE (esto se debe a que el UE se basa en el NDE), 2) fenología de plagas y hospedantes, 3) tasas de crecimiento y lesiones de la población, y 4) retrasos de tiempo asociados con las tácticas de MIP utilizadas. Debido a las incertidumbres involucradas, particularmente en las tasas de crecimiento de la población de plagas, la mayoría de los UE son relativamente crudos; no tienen la misma resolución cuantitativa que los NDE (Pedigo s.f).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Descripción del estudio

Para realizar la investigación se tomó información de la base de datos del Ingenio El Ángel tomada de las últimas cuatro zafras.

Esta base de datos proviene de muestreos de rutina realizados en patio a rastras con caña que ingresan en época de zafra bajo una metodología interna (A-1). Se consideró el material de caña cosechado en 17 lotes cañeros ubicados en la zona de influencia del ingenio en mención, y que presentaron reportes de daño durante la entrega en zafra.

La evaluación de los datos comprendió un periodo de seis meses, de los cuales tres se ocuparon en someter los datos a un análisis estadístico y tres meses en elaborar un informe donde se utilizaron los valores generados para la fórmula Nivel de Daño Económico (NDE).

Los lotes estaban ubicados en la zona paracentral de El Salvador, representando a productores de los departamentos de Chalatenango, San Salvador, La Paz, La Libertad, San Vicente, Cuscatlán y Cabañas.

La base de datos del Ingenio El Ángel en las cuatro zafras recolectó cuatro variables:

- Índice de infestación (IF),
  - Cañas dañadas/total cañas\*100
- Intensidad de infestación (ii),
  - Entrenudos dañados/total de entrenudos\*100
- Rendimiento de campo (Ton/mz)<sup>1</sup>,
  - Tonelada biomasa/Manzana.
- Rendimiento de fábrica (Kg/Ton).
  - Kilogramos de Azúcar/Ton de biomasa

Para determinar el rendimiento de azúcar por manzana se agregó una tercera variable que resultado de la combinación de rendimientos de fábrica, surgiendo así la variable

- Rendimiento de azúcar (kgAz/mz)
  - Kilogramos de azúcar/ Manzana

agregando esta variable también al análisis estadístico.

#### Metodología estadística

Los datos fueron procesados mediante los Software estadístico Infostat y R Studio, se trabajó con un formato que facilitó el análisis (Cuadro 5), con esta organización se realizaron análisis de regresión simple. Este usa cuando se busca conocer la relación funcional que puede existir entre dos o más variables cuantitativas.

La base de datos tenía un formato interno, para facilitar el análisis quedó de la siguiente manera.

---

<sup>1</sup> 1 ton=2,000 libras.

Cuadro 5: Formato de datos recolectados en Campo

Productor	IF (Índice de Infestación)	ii (Intensidad de Infestación)	Producción de campo (Ton/mz)	Rendimiento de fábrica (kg/Ton)	Rendimiento de Azúcar (KgAz/mz)
1	--		--	--	
2	--		--	--	
n	--		--	--	

#### Simetría de datos (Índice de oblicuidad o Skewness)

Tremblay (2021) lo define como el índice que describe la simetría de una distribución alrededor de su promedio.

Es un valor de asimetría que puede oscilar entre valores de -2 y +2.

Indicando:

- Un valor superior a 1 ó inferior a -1 una distribución muy asimétrica.
- Un valor entre 0,5 y 1 ó -0,5 y -1 está moderadamente sesgado.
- Un valor entre -0,5 y 0,5 indica que la distribución es bastante simétrica.

Cuando se procesó los datos las tres variables de rendimientos arrojaron valores de oblicuidad negativos que demostraron una distribución asimétrica; principalmente la variable kilogramos de azúcar por tonelada (kg/ton) con un índice de -1.14. Y moderadamente sesgado para la variable rendimiento de campo (ton/mz) con un índice de 0.88 que está dentro del rango. Por lo que el análisis estadístico sería poco confiable si no se realizaba una transformación de datos.

Transformaciones.

Si una variable de medición no se ajusta a una distribución normal o tiene desviaciones estándar muy diferentes en diferentes grupos, debe intentar una transformación de datos (McDonald 2014).

Las transformaciones a las que se sometieron los datos fueron:

- Logarítmica
- Raíz cuadrada
- Inverso de raíz
- Cuadrática
- Inverso del cuadrado

A cada una de estas se les verificó la oblicuidad. Según Schendzielorz (2020) para datos con índice de oblicuidad negativa recomienda usar transformación cuadrática.

Los nuevos valores de oblicuidad acercaron a la normalidad las variables; es decir que los índices estaban con valores entre uno y menos uno. Con este ajuste se procedió al análisis estadístico con los valores transformados de las variables: kilogramos de azúcar por tonelada (kg/ton), kg de azúcar por manzana (kgAz/mz) y la variable toneladas por manzana (ton/mz) en su estado original.

### Regresiones lineales (Modelos Lineales y Modelo Mixto)

Un análisis de regresión puede servir para predecir o describir el comportamiento de una variable respecto al comportamiento de otra, que por su naturaleza es difícil la observación directa, por lo que con la ayuda de un modelo se puede entender lo anterior que relaciona una o más de una variable (Morales *et al.* 2009).

El autor Clapham (2020), menciona que los modelos lineales son los más adecuados cuando todas las observaciones vienen de un grupo homogéneo de datos con una estructura subyacente, pero, en el caso de una estructura de datos donde las observaciones pertenecen a pequeños subgrupos que están anidados en una población más grande, las variantes podrían ser explicadas por el subgrupo al que las observaciones pertenecen y considerar dichas diferencias entre subgrupos podría ayudar a tener mejores respuestas del fenómeno. Por lo que se introduce la idea de variables fijas y azarizadas. En el modelo mixto las variables dependientes serán tratadas como fijas y el año será la variable azarizada.

### Metodología económica

Con base a la información primaria, fue estimada la pérdida de producción por unidad plaga.

Para estimarlo se utilizó la ecuación de Nivel de Daño Económico (NDE):

$$D=C/mSP$$

Donde:

m= reducción en rendimiento por unidad de plaga

D= densidad poblacional de la plaga

S= grado de supresión de la plaga con la medida de control

P= precio de mercado de la cosecha (Rivas, Sermeño 2004)

El valor a calcular fue reducción en rendimiento por unidad de plaga (m). El precio de mercado de la cosecha (P), fue obtenido del informe diario de precios agropecuarios del MAG. En la variable costo de control (C) se tomaron en cuenta dos insecticidas utilizados en la región (Cuadro 6):

Cuadro 6: Información de Productos químicos a utilizar(A-2)

Producto	Eficiencia de control (a 55 dda)	Costo de 100 ml Dosis/mz
Triflumuron SC	43.89%*	\$6.00**
Chlorantraniliprole	77%*	\$77.29**

\*Torres E, Márquez, JM (2015)

\*\* Guía de precios de insumos agropecuarios 2022.

Para comparar el comportamiento de los controles químicos contra los controles biológicos (cuadro 7) se utilizó el porcentaje de control del método de control a base de *Bacillus thuringensis*.

Cuadro 7: Información de Producto biológico a utilizar

Producto	Eficiencia de control (A las 24 horas)	Costo de 100 gr Dosis/mz
<i>Bacillus thuringensis</i> (Dipel 6.4WG)	100%*	\$2.84

\*Zuñiga y Soto.2018.

Ambos controles fueron seleccionados de acuerdo al mayor grado de uso en la zona y se evaluó su costo económico.

A partir de la información generada (reducción de rendimiento por unidad de plaga) y la información recopilada (Grados de supresión y Costos de controles y cosechas) se generó un Nivel de daño. Las variaciones que presentan las variables que componen la fórmula de Nivel de Daño económico (NDE) permitió ver la fluctuación de este valor y así poder plantear escenarios y tomar decisiones. El cuadro 8 muestra los componentes de la fórmula de NDE.

Cuadro 8: Tabla de Sensibilidad.

Tratamientos	Triflumuron SC	Chlorantraniliprole	<i>Bacillus thuringensis</i>
P (Precio de mercado caña) 50kg	USD	USD	USD
C (costo mercado del control) 100ml/mz	USD	USD	USD
S (Grado de supresión)	%	%	%
m (Reducción rendimiento/unidad plaga)	--	--	--
NDE	-- Insectos/Área	-- Insectos/Área	Insectos/Área --

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del proceso para determinar qué modelo se adecuaba más al estudio, los datos fueron analizados por tres modelos estadísticos (dos modelos lineales y uno mixto), bajo los cuales las relaciones entre variables resultaron no significativas ( $P \geq 0.005$ ). En los dos modelos lineales debido a que los datos presentaban una distribución des-uniforme; se procedió a una transformación de los datos y luego a su análisis estadístico.

En el primer modelo lineal, se analizó cada zafra (por año) obteniendo como resultado 24 regresiones lineales con 17 observaciones cada una (Cuadro 8) y en un segundo modelo lineal se hizo una regresión de todos los datos de las cuatro zafras. Dando como resultado 6 regresiones lineales con 68 observaciones cada una. (Cuadro 9). En cada regresión lineal se muestra un p valor que al ser menor de 0.05 indica una significancia, y al estar por encima de este valor indica que no hay relación entre las variables.

Con la información recolectada en el modelo mixto se realizó un ejercicio de cómo se comportan los datos en la fórmula de NDE y se comparan con los datos sin transformación ya que estos son más comprensibles. Los datos procesados se ocupan en la variable *m*: reducción en rendimiento por unidad de plaga.

Este proceso generó valores que pueden ayudar a entender cómo influye cada variable en el nivel de daño tolerable en el cultivo.

##### 4.1. Modelo lineal general (Por años).

Para el año 2019, la regresión de Intensidad de infestación (ii) con Toneladas por manzana (Ton/mz) resultó ser significativa (0.0381  $P < 0.05$ ). Ocurre lo mismo para la regresión de índice de intensidad (ii) con la transformación de toneladas de azúcar por manzana  $\text{cuadTonAz/mz}$  (0.0011  $P < 0.05$ ), y el año con 2020 resultó significativa la regresión de cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada ( $\text{cuadkgAz/ton}$ ) con Índice de infestación (IF) (0.0017  $P < 0.005$ ). El comportamiento con las demás variables resultó ser no significativo.

Cuadro 9: Valores de p-valor de la regresión lineal (Modelo por años).

Año	VARIABLES	Índice de infestación (IF)	Intensidad de infestación (ii)
2017	Ton/mz	0,7484	0,3074
	cuadkgAz/ton	0,4403	0,9271
	cuadTonAz/mz	0,7997	0,2889
2018	Ton/mz	0,3156	0,5336
	cuadkgAz/ton	0,8687	0,621
	cuadTonAz/mz	0,3391	0,61
2019	Ton/mz	0,8925	*0,0381
	cuadkgAz/ton	0,3916	0,4782
	cuadTonAz/mz	0,9164	*0,0011
2020	Ton/mz	0,7782	0,1953
	cuadkgAz/ton	*0,0017	0,7695
	cuadTonAz/mz	0,5719	0,1647

\*Significativos ( $p < 0.05$ )

De las 24 regresiones resultantes la que tuvo un p-valor menos significativo ( $p < 0.9164$ ) fue la regresión de cuadrado de kilogramos de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) con índice de (IF) para el año 2019. (Figura 1).

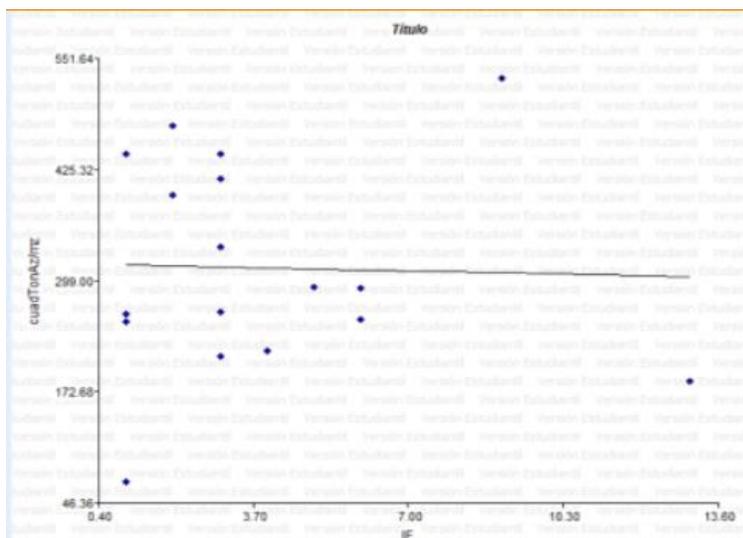


Figura 1: Dispersión en Infostat de datos de la regresión de cuadrado de kilogramos de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) con Índice de infestación (IF) 2019.

En esta relación que fue la menos significativa se observa que en la figura 1 los datos carecen de una tendencia debido a valores extremos en ambos lados de los cuadrantes. Por lo que se dice que están poco relacionados. Un aumento en la variable de índice de daño bajo este modelo no explican una disminución en los rendimientos.

Cabe aclarar que el muestreo realizado no fue parte del estudio, por lo que no estaba estandarizado a un procedimiento establecido; por lo que es otra fuente de variación que no se midió.

Y la regresión que tuvo el p-valor significativo más alto ( $P < 0,001$ ) fue la de cuadrado de kilogramos de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) con Intensidad de infestación (ii) para la zafra de 2019 (figura 2).

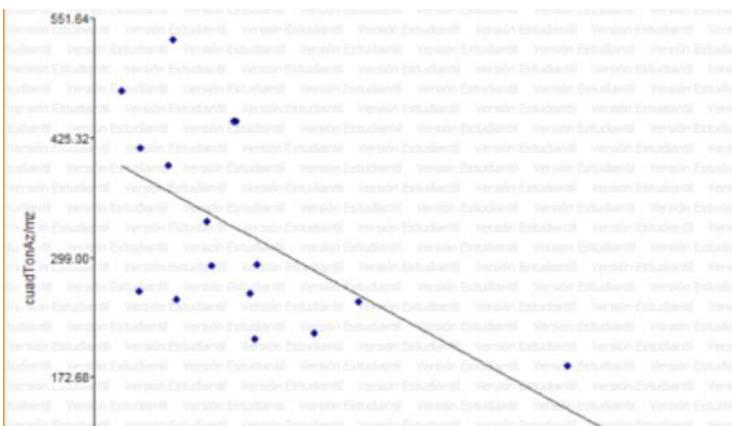


Figura 2: Dispersión en Infostat de datos de la regresión de intensidad de infestación (ii) con el cuadrado de toneladas de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) para el año 2019

En el gráfico se observa que la línea sigue cierta tendencia, que si bien es significativa es aún muy baja para atribuirle la relación directa a las dos variables. Se puede decir que hay una relación, pero como se observa en las sumas de cuadrados, en el error está el otro 50% de variabilidad; es decir que hay más variables que influyen y que no se están midiendo. (A-3)

De manera similar se encontró que el Modelo lineal explico un bajo porcentaje del comportamiento de los datos. Esto se observa en el cuadro 10:

Cuadro 10: Resultados de Infostat de  $R^2$  de las variables en estudio

	Variable	Índice de infestación (IF)	Intensidad de infestación (ii)
$R^2$	Ton/mz	0,003	0,02
	cuadkgAz/tn	0,07	0,0024
	cuadTonAz/mz	0,02	0,02

Este resultado indica que la variación en la variable respuesta es explicado por el modelo lineal por debajo del 50%; es demasiado baja para indicar una relación directa y unidireccional. Los valores de  $r$  cuadrado oscilaron entre un 2% y un 7%. Para atribuir una relación significativa entre las variables se deben tener valores que estén entre un 80% a 90%.

Cada uno de los datos obtenidos viene de diferentes parcelas y diferentes productores por lo que las condiciones in situ cambiaron, y se dejan muchas variables sin medir que podrían estar afectando significativamente los resultados obtenidos en los muestreos.

#### 4.2 Modelo Lineal General (Datos totales)

Debido a que el modelo dividía las 68 observaciones en 4 secciones se optó por un modelo donde se agregan todos los valores en un análisis general. Esto bajo la idea que a mayor número de observaciones aumenta la probabilidad de observar alguna relación.

Los resultados obtenidos fueron similares, mostrando las relaciones lineales un  $p$  valor no significativo en el ANVA en cinco de las seis regresiones lineales.

Por lo que se demostraba por segunda vez que los cambios en las variables de rendimiento no se explican por un cambio en las variables de índices de daño; ya que la mayoría resultaron con valores no significativos (Cuadro 11).

Cuadro 11: Valores de  $p$ -valor de la regresión lineal (Modelo con todos los datos)

P-VALOR	VARIABLE	ÍNDICE DE INFESTACIÓN (IF)	INTENSIDAD DE INFESTACIÓN (II)
ANVA	Ton/mz	0,7719	0,2581
	cuadkgAz/Ton	*0,0349	0,8834
	cuadTonAz/mz	0,2649	0,2349

\*Significativo ( $p < 0.05$ )

Solo una regresión (Figura 3) resultó tener valores de  $p$  significativo, es decir que si estaban relacionadas. Esta fue la regresión del cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada

(cuadkgAz/Ton) con índice de infestación (IF) (cercano a significativo); éste presentó un p valor de 0.0349.

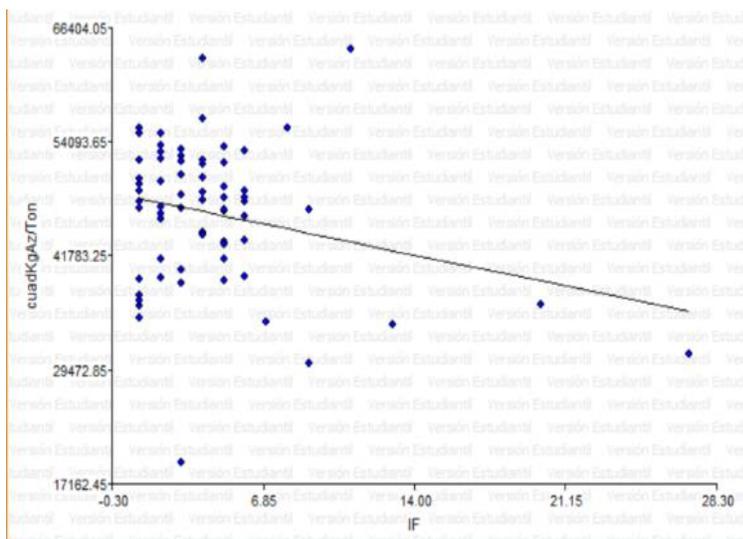


Figura 3: Salida de Infostat para cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/ton) con índice de infestación (IF).

La masa de puntos no tiene un patrón definido. El comportamiento de la recta es dado por un par de valores extremos que presenta la variable.

La regresión que tuvo un p valor más bajo fue la de cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/Ton) con intensidad de infestación (ii); (Figura 4) dando un p valor de 0.883.

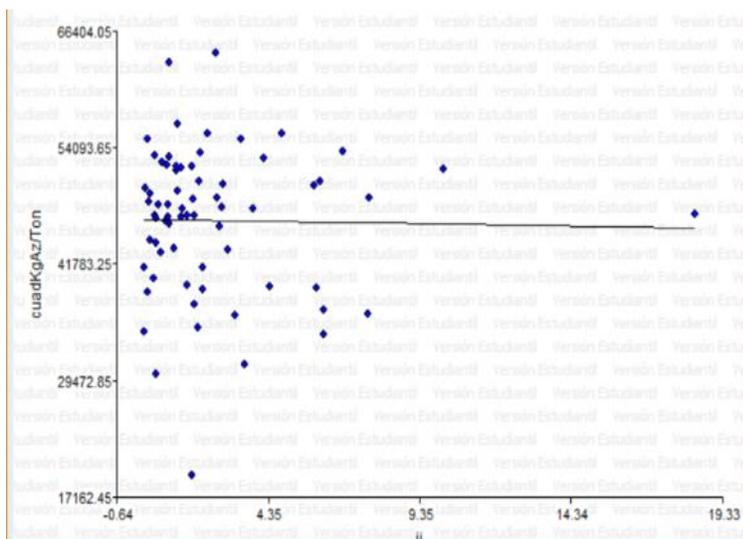


Figura 4: Salida de Infostat para cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/Ton) con intensidad de infestación (ii).

Se observó que a pesar de que era mayor cantidad de observaciones por variable, esta se comportó de igual manera. La mayoría de las regresiones presentaron poca relación, es decir que un cambio en las variables de índice de daño por plaga no implicaba un cambio en igual

proporción en las variables de rendimiento. No se descarta que podría haber un efecto del barrenador en los rendimientos; pero estadísticamente no se detectó en el estudio.

#### 4.3 Modelo Mixto

Este modelo permite mejorar la calidad del análisis de los factores fijos y aleatorios que influyen en las variables respuesta. Se optó por este modelo; ya que este es el más indicado por la naturaleza de los datos recolectados.<sup>2</sup> La variable azarizada en el modelo fue el año.

El resultado obtenido fue una baja relación entre variables ( $p$ -valor $\geq$ 0.05). Los valores de las regresiones lineales del análisis están en el Cuadro 12. Los datos están poco asociados entre sí; a excepción de la regresión cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadKgAz/Ton) con Índice de infestación (IF). Esta regresión presentó una relación significativa ( $p\leq$ 0.05)

Cuadro 12: Valores de p de regresiones lineales de las variables (R-Studio)

p-valor	Variable	Índice de infestación (IF)	Intensidad de infestación (ii)
ANVA	Ton/mz	0,7945	0,2821
	cuadkgAz/Ton	*0,035	0,8835
	cuadTonAz/mz	0,2734	0,2504

Resultados similares encontraron Ramon *et al* (2008) quienes en un estudio observaron que “la correlación de los índices I.I (IF) e I.I.I.(ii), con las variables de producción TCH (Ton/mz) y TPH toneladas de pol/Ha resultaron en coeficientes muy bajos y no significativos, a pesar que, las correlaciones con las variables industriales % Pol\* y PUR\*\* (*Variables de rendimientos de fabrica*) fueron altamente significativas (tienen relación) y negativas coincidiendo con que hay mayor efecto negativo del ataque por *Diatraea saccharalis* en la producción de azúcar más que en la producción de campo de caña de azúcar.”

\*Pol. Polarización: Grado de refinamiento del azúcar. Se calcula considerando que la pureza de la sacarosa es igual a 100.

\*\*Pureza: Porcentaje de sacarosa que contiene el jugo de caña.

Dicho resultado demuestra que las variables independientes (IF, ii) por si solas no explican las variaciones en el rendimiento de campo o de fábrica.

En el estudio de Ramón *et al* (2008), el número de observaciones en las variables es mucho mayor. En este estudio se registraron 13 variables en un periodo de estudio de 12 años realizando alrededor de 2,500 observaciones. Contrastando este estudio con el presente con las

<sup>2</sup> Castro Montoya, Joaquín, 23 enero 2022. Análisis estadístico (Entrevista) San Salvador. Docente e investigador de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

pocas observaciones hechas en patio y la falta de estandarización de muestreos se considera que contribuyo a la baja relación estadística entre las variables.

En el estudio de Vilela, *et al* (2017) en sorgo, utilizando 6 mediciones biométricas hechas a las plantas bajo dos tratamientos químicos de insecticidas. obtuvo diferencias significativas entre los dos tratamientos observando que es una variable (control químico) que tiene influencia y no ha sido medida en el presente estudio. *(cada una debe de responder a lo que encontramos)*

Tabla de sensibilidad de Nivel de Daño Económico (Datos transformados.)

Para objetos de comparación se hizo el análisis de estos datos. Cabe mencionar que los resultados de NDE son muy bajos. Las variables corresponden al modelo mixto. Y se pueden observar en A-4.

Tabla de sensibilidad de Nivel de Daño Económico (Datos originales).

El valor de m (reducción rendimiento/unidad plaga) de la figura 5 (1.1784) es el que se utiliza para el cálculo de NDE. Este valor es de menor magnitud ya que se ha tomado de valores que no han sufrido ninguna modificación.

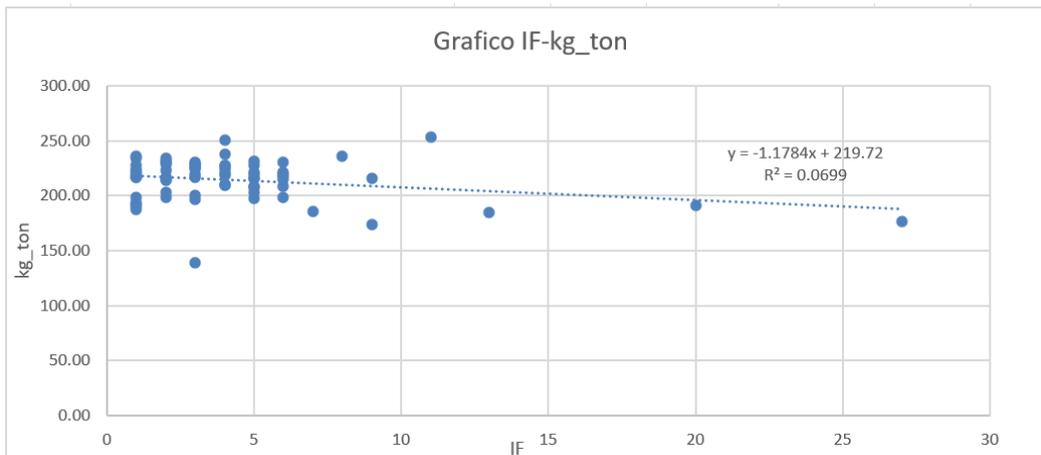


Figura 5: Dispersión de datos no transformados

Los componentes de la Fórmula NDE son las siguientes:

$$D=C/mSP$$

Donde:

m= reducción en rendimiento por unidad de plaga

D= densidad poblacional de la plaga

S= grado de supresión de la plaga con la medida de control

P= precio de mercado de la cosecha (Rivas, Sermeño 2004)

El  $R^2$  de caña cosechada.

Cuadro 13: Variables de NDE con datos sin transformación

Tratamiento	Triflumuron	Chlorantraniliprole	<i>Bacillus thuringensis</i>
P (precio de mercado caña) 50kg	USD 48.00	USD 48.00	USD 48.00
C (costo mercado de cosecha) 100ml/mz	USD 6.00	USD 77.29	USD 2.84
S (grado de supresión)	44%	77.00%	100%
m (reducción rendimiento/unidad plaga)	1.1784	1.1784	1.1794
NDE (Insectos por manzana)	0.243366	1.787333	0.05057

Al plantearse diferentes escenarios el valor de NDE tiene variaciones. Al aumentar algún valor en el divisor hace que el valor de NDE disminuya.

Si aumenta el costo (dividendo) el NDE aumenta y si algún valor del divisor aumenta el NDE baja. Lo que tiene congruencia con lo que menciona Márquez (2015): “El nivel de daño económico se debe interpretar como la densidad poblacional de la plaga, en la cual el costo de la medida de control iguala al beneficio económico esperado, es decir, que la acción de control “salva” una parte del rendimiento, el cual se hubiera perdido si no se toma la decisión de hacer el control. O dicho de otra manera El rendimiento salvado o protegido tiene un valor monetario, el cual se estima utilizando parámetros biológicos y económicos que se encuentran representados por (m,D,S,P). En total, debe ser igual al valor monetario que se invierte en la acción de control (C), es decir, que el NDE es la densidad poblacional de la plaga donde el valor del rendimiento salvado o protegido cubre exactamente los gastos del control invertidos.”

La utilidad de esta fórmula es que permite plantear escenarios y cómo influye en la toma de decisiones la fluctuación de las variables; permitiendo jugar con diferentes escenarios donde no solo se utilizan controles químicos si no con diferentes métodos de control y practicas encaminadas a aumentar la eficiencia de manejo.

El tratamiento con Triflumuron SC tiene un costo menor por lo que se puede ocupar con bajas poblaciones de plaga; en cambio el tratamiento con Chlorantraniliprole es 12 veces más costoso por lo que la población plaga debe de ser más significativa para que valga la pena aplicar dicho tratamiento. Es decir que es el nivel más bajo de insectos que causará pérdidas de rendimiento iguales al costo del tratamiento

Influencia de cada variable.

El uso de la fórmula de NDE permite prever diferentes escenarios para los diferentes elementos que la componen.

Comportamiento del NDE en base a la oscilación de valores de las variables.

Variable	Sube	Baja
Costo. (C)	NDE Aumenta	NDE Disminuye
P(precio mercado)	NDE Disminuye.	NDE Aumenta
m(reducción rendimiento/ Unidad de plaga)	NDE Disminuye	NDE Aumenta
S(grado de supresión)	NDE Disminuye	NDE Aumenta

Fuente: Elaboración propia

<b>Variable</b>	<b>NDE Sube</b>	<b>NDE Baja</b>
Costo. (C)	Si el costo de control aumenta (molécula más cara o aumento de precios) El control debe estar justificado con una buena población.	Si se opta por un control más económico puedo hacerlo varias veces a pequeños rebrotes de plaga.
P(precio mercado)	Si ingresa más dinero por menos producto; con una pequeña parte salvare mis costos de control. Movido por la oferta y demanda del producto	Si se necesita más producto para salvar mis costos de control, debo de cuidar de no tener poblaciones muy altas que me afecten en disminución de calidad o volumen
m(reducción rendimiento/ Unidad de plaga)	Una mayor voracidad del insecto me causara más perdidas por unidad de venta.	Si muchos insectos hacen poco daño por unidad de venta
S(grado de supresión)	Un nivel de supresión bajo dejara insectos que me mantendrán una población base que permitirán un rebrote con el ambiente adecuado.	A medida que la supresión se acerca más al 100% asegura que acabará el problema y habrá poblaciones más bajas de plaga.

Fuente: elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

- La información recolectada en patio no permitió generar un modelo de pérdida por su falta de relación estadística
- Las variables que más influyen en el NDE son el costo de grado de supresión y la voracidad de la plaga.
- La información generada en patio hasta la fecha no es fiable para la toma de decisiones de control en campo.

## 6. RECOMENDACIONES

- Un análisis en el que se incluya desde la fase de toma de datos, con los límites estadísticamente marcados, para que la información recolectada sea verídica; descartando fuentes de variación.
- Utilizar más observaciones podría resultar en resultados más certeros ya que se toma más información del fenómeno en estudio.
- Hacer muestreos en campo en tiempo y forma; comparar con los muestreos de patio para revisar si hay concordancia de datos entre ambas entradas de información.
- La información de plagas recolectada en patios debe de ser constantemente monitoreada para mejorar la exactitud de futuros estudios.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Aday Díaz, O; Barroso Medina, F; Izquierdo Rojas, L. 2003. Estimación de pérdidas causadas por *Diatraea saccharalis* Fab. en la provincia de Villaclara. Cuba.
- Alvarado Robledo EJ. 2017. Estudio de las respuestas de *Saccharum officinarum* L. ante estrés osmótico a través de un enfoque transcriptómica. (en línea). Tesis Maestro en Ciencias. Mérida, México. Consultado el 27 mar. 2020. Disponible en: [https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/462/1/PCB\\_BT\\_M\\_Tesiss\\_2017\\_Alvarado\\_Edyciel.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/462/1/PCB_BT_M_Tesiss_2017_Alvarado_Edyciel.pdf)
- Argueta AE; Hernández Chicas WE. 2011. Parasitoidismo y control microbiano del barrenador (*Diatraea saccharalis* F.) De la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en el departamento de Sonsonate, El salvador, 2009.
- Arias Ramírez OA; Córdova Rojas I de los A. 1995. Efectos de la privatización de los ingenios azucareros el Carmen y la Magdalena en los contratos individuales de trabajo. Tesis, Lic. San Salvador, El Salvador. Universidad de El salvador. 308p.
- Arreaga Alban KA. 2018. Manejo integrado de *Diatraea saccharalis* en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) Ingeniero agrónomo. Tesis. Los ríos, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo.28p
- Badilla, F. 1991. Control biológico del taladrador de la caña de azúcar *Diatraea* spp. Congreso de Tecnología Azucarera de Centro América y Panamá. Azucareros de Costa Rica. 52 p.
- Badilla, F; Alfaro, D. 1994. Metodología de liberación y cuantificación del parasitismo producido por *Cotesia flavipes*. In Resumen en del primer simposio sobre manejo integrado de plagas de la caña de azúcar en Costa Rica. 11 de agosto de 1994. San José, Costa Rica. p. 6
- Blanco Gutiérrez F.I; Bonilla, J.D; Castro Girón E.R. 1990. Estudio de Metodologías para Evaluación de Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en El Salvador Tesis Ing. Agr. La Libertad, El Salvador, Universidad Técnica Latinoamericana. Pág 93. (<http://sb.ues.edu.sv/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=54037>).
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 2012. El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). Litografías Modernas S.A. Guatemala. 512 p.
- Chaves Solera, MA. 2018. Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de azúcar. DIECA (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar). Alajuela, Costa Rica. 44 p.

- Chaves, M. 1999. Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. Congreso Nacional Agronómico (9), Congreso Nacional de Suelos (3, 1999, San José, Costa Rica). San José, Costa Rica. p.196.
- Clapham, ME. 2020. Linear mixed effects models. (video). 18 min. 36 seg., son.,color.
- Díaz Montejo, LL; Portocarrero Rivera, ET. 2002. Manual de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Ingeniero Agrónomo. San Antonio de Oriente, Honduras, Universidad Zamorano. 148p.
- Duarte Álvarez OJ; González Villalba JD. 2019. Guía técnica: Cultivo de caña de azúcar. San Lorenzo, Paraguay. 44p
- Fernández Marín, MJ. 2013. Manejo integrado de chinche salivosa (*Aeneolamia postica*; Cercopidae) en caña de azúcar en el Ingenio Pantaleón; Siquinalá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. con énfasis en gerencia agrícola. La Asunción, Guatemala, Universidad Rafael Zaldívar. 88p
- García, A. 2018. Procedimiento de los procesos Aseguramiento de la Calidad. Grupo El Ángel. San Salvador, El Salvador. 10-12 p.
- Genaro Carrasco, R. 2018. Manejo del complejo del gusano barrenador de la caña (*Diatraea spp/ Eoreuma loftinii*) en la zona de abasto de la compañía industrial azucarera, S.A de C.V Juan Díaz Covarrubias, Veracruz. México.
- Guzmán J, 2019. "La época de zafra 2019/2020 generará 250,000 empleos". El Diario de hoy. San Salvador, El Salvador.19 nov.:5.
- IGNOU (Indira Gandhi National Open University. 2017. Integrated pest management. Introduction concept and historical development. (en línea) Maidan Garhi, India. 23p. consultado 5 jun. 2020. Disponible en: <http://egyankosh.ac.in/handle/123456789/3095>
- IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1979. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala, Tipografía Nacional. 393 p.
- Joyce AL; Sermeño Chicas M; Serrano Cervantes L; Paniagua Scheffer SJ; Alma Solís M. 2016. Host-plant associated genetic divergence of two *Diatraea spp.* (Lepidoptera: Crambidae) stemborers on novel crop plants. El Salvador. El Salvador.14p.
- McDonald, JH. 2014. Handbook of Biological Statistics.(en línea) 3 ed. Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland. Citado el 23 de may. 2022. Disponible en: <http://www.biostathandbook.com/transformation.html>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 1991.Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. 571p
- Márquez, JM. 2015. El manejo integrado de plagas. Citado el 8 jun de 2020. (en línea) Disponible en: <https://cengicana.org/files/20150902101644564.pdf>

- Márquez, M.2018. Avances en el manejo integrado de plagas de la caña de azúcar. In Congreso internacional de manejo integrado de plagas. Guatemala. 23 p.
- Mendoza, JL.1987. Estimación de pérdidas agrícolas, industriales y económicas en el cultivo de la caña de azúcar causadas por los taladradores del género *Diatraea* spp. En el ingenio Julio Buitrago Urroz. Tesis. Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. 50 p.
- Morales J; Quemé JL, Melgar M. 2009. Ejemplo de los principales métodos estadísticos utilizados en la industria cañera. Centro Guatemalteco de investigación de la caña de azúcar (CENGICAÑA). Guatemala. 36 p.
- Najarro Díaz GR. 2009. Trabajo de graduación realizado en el departamento de Investigación Agrícola de la Caña de Azúcar *Saccharum spp.* Del Ingenio Magdalena, S.A, La democracia, Escuintla. Licenciado en sistemas de producción agrícola. Tesis. Guatemala. Universidad San Carlos. 74p.
- Ortiz Henricx SJ. 2014. Relaciones de barrenador de caña de azúcar (*Diatraea crambidoides*) fértiles e infértiles para su liberación en condicione controladas de campo, diagnóstico y servicios en Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala, C.A. Licenciada. Tesis. Guatemala. Universidad de San Carlos. 68p.
- Pedigo LP; Hutchins SH; Higley LG.1986. Economic injury levels in theory and practice. Iowa, United States. Annu. Rev. Entomol. 31:341-368.
- Pedigo LP. s.f. Economic Thresholds and Economic Injury Levels. (en línea) Ames, United States. Consultado el 6 jun. 2020. Disponible en: <https://ipmworld.umn.edu/pedigo>
- Pierce, WD 1934.At what point does insect attack become damage Entomological news. 45: 1-4
- Pineda, CP; Salazar Blanco, JD; Barrantes Liga, JC. 2016. Estimación del factor de pérdida por daños del complejo de plagas *Diatraea spp.*, *Metamasius spp.* y *Heterotermes sp.* en la región sur de Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).
- PROCAÑA (Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar) s.f. Historia de la caña de azúcar. Colombia. Consultado el 17 feb. 2020. Disponible en: <https://www.procana.org/new/quienes-somos/historia-de-la-cana-de-azucar.html>
- Radcliffe EB; Hutchison WD; Cancelado RE. 2009. Integrated pest management: Concepts, tactics, strategies and case studies. New York, United States. Cambridge university press. 529p.
- Ramón M, Miguel C, Mauriello F, Graterol Y, Vanegas HG, Mendoza C, Perez M.M Rosa M, Izarraga T. (2008). Asociación entre las características varietales y el daño ocasionado por el taladrador de la caña de azúcar, en el estado Portuguesa, Venezuela. Agronomía Trop. [online]., vol.58, n.2 [citado 2022-01-16], pp.111-116. Disponible en: <

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-2X2008000200002&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-2X2008000200002&lng=es&nrm=iso). ISSN 0002-192X. 1 9

- Rivas, AW; Sermeño, JM. 2004. Socioeconomía del Manejo Integrado de Plagas. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, El Salvador, C. A. 44 p.
- Rodríguez, DN; Rodríguez, S. 2013. Métodos de muestreo en la determinación del daño en caña de azúcar y pérdida de sacarosa por barrenadores, en central progreso S.A. de C.V. México. 2 p.
- Rodríguez A; Rodríguez del bosque; Pérez RL; Mata Vázquez; Ávila Valdez J.2012. Manejo integrado de barrenadores en caña de azúcar en el sur de Tamaulipas.
- Schendzielorz, TM. 15 ene. 2020. A guide to data transformation: Learn when and how to transform your variables for better insights. R-Bloggers.Consultado el 24 de may 2022. Disponible en: <https://www.r-bloggers.com/2020/01/a-guide-to-data-transformation/>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación) 2015. Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). México. 19p.
- Sáenz, C.; Alfaro, D. 1999. Treceavo congreso de la asociación de cañeros de Costa Rica. San José, Costa Rica. 270 p.
- Salgado, AF.1995. Estimación de pérdidas agrícolas, industriales y económicas en el cultivo de la caña de azúcar causadas por los taladradores del género *Diatraea* sp. Centro experimental de la Caña de Azúcar. Managua, Nicaragua. s.p.
- Stern V.M; Smith R.F; Van den Bosch R; Hagen K.S. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. The integrated control concept. Hilgardia. Vol 29. (2): 81-101.
- Torres E, Márquez, JM. 2015. Residualidad de productos químicos utilizados para el control de larvas del barrenador (*diatraea crambidoides*, lepidóptera). Guatemala. 10p
- Tremblay, R.L. 2021. Estadística descriptiva. Índice de oblicuidad: Skewness.(en línea) Puerto Rico. Consultado 24 may 2022. Disponible en:[https://estwadisticafacil.github.io/BIOL3740/T4a\\_Estadistica\\_descriptiva.html](https://estwadisticafacil.github.io/BIOL3740/T4a_Estadistica_descriptiva.html)
- Vilela, M., dos Santos, A. J. N., Simeone, M. L. F., Parrella, R. A. C., da Silva, D. D., Parreira, D. F., Okumura, F., Schaffert, R. E., & Mendes, S. M.. (2017): "Influence of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) infestation on sweet sorghum productivity and juice quality." African Journal of Agricultural Research Citado el 1 de ene de 2022. Disponible en: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/1792FA166125>
- Zuñiga Oviedo, MA; Soto Guiraldo, A. 2018. Control microbiológico de *diatraea saccharalis fabricius* (lepidoptera: crambidae) en caña panelera a nivel de campo.(en línea). Citado el 2 de feb. 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v22n2/0123-3068-bccm-22-02-00033.pdf>

## 8. ANEXOS

### A-1. Metodología de muestreo en patio

#### Evaluación de la Sanidad de Materia Prima

Materiales y Equipo para utilizar en el proceso:

- Una Báscula
- Un corvo
- Una tabla de apoyo para escribir
- Formularios de evaluación
- Lápices

En esta evaluación, la cantidad de materiales y equipos a utilizar son pocos, la mayoría obedecen a buscar la facilidad y eficiencia del procedimiento y que estarán realizando en las 18 horas del día (García 2018).

Metodología de Evaluación.

Las evaluaciones se realizan durante la entrada de caña de azúcar al ingenio (periodo de zafra), el lugar de evaluación fue en el área de patio del ingenio, donde se manejan dos turnos.

Se realiza una evaluación por cada muestra de materia extraña, el procedimiento es como sigue:

- Completar la información concerniente a la fecha de zafra y nombre del evaluador. (CAM-MP-06-FOR-03; códigos de identificación utilizados dentro del Ingenio).
- En el momento que al vehículo se le toma muestra para materia extraña, el evaluador procederá a extraer la muestra para sanidad, la cual estará constituida de 10 cañas completas en el caso de caña mecanizada y caña corta se tomará un número 30-40 esquejes.



*Figura 6: Procedimiento de conteo de esquejes en Patio del Ingenio*

- Tomar nota del número de placa y la hora en que se realice la toma de la muestra del camión o rastra, anotar estos datos en el formulario asignado para que luego sea ingresado en el sistema de evaluaciones y reportar los camiones que han sido evaluados.
- Registrar la cantidad de tallos, tomarles el peso y hacer un conteo de yemas y entrenudos que se tienen en las cañas que forman la muestra (García 2018).
- La evaluación consiste en cortar cada tallo en 3 o 4 partes dependiendo del tamaño de este, luego cada parte se secciona en 4 para poder determinar los daños de plagas o enfermedades.
- Determinar mediante conteo y registrar la cantidad de tallos y entrenudos dañados por barrenador mayor (*Diatraea spp.*), en la muestra.



Figura 7: Conteo de tallos dañados en Patios de Ingenio

- Determinar mediante conteo y registrar la cantidad de tallos y entrenudos dañados por la presencia de muermo rojo (*Colletotricum spp.*), en la muestra. Además de especificar la posible causa de la entrada del hongo, según las siguientes posibilidades: galería de barrenador, mordedura de rata, termita, axila de crecimiento, daño mecánico con machete, azadón o corvo, daño mecánico por algún apero agrícola, otro (especificar).
- Los resultados obtenidos por cada turno se entregan a la persona responsable de las evaluaciones, quien alimentará la información en el sistema preparado previamente para almacenar la información (García 2018).

A-2: Nombres comerciales de las moléculas en la región de El Salvador u origen geográfico correspondiente.

Cuadro 14: Nombres comerciales de los tratamientos

Molécula química	Nombre comercial.
Triflumuron SC	(Certo 48 SC)
Chlorantraniliprole	(Coragen 20 SC)
<i>Bacillus thuringiensis</i>	En Mexico: Dipel 6.5WG

A-3: ANVA en Infostat con suma de cuadrados para el cuadrado de toneladas por manzana (cuadTonAz/mz) con intensidad de infestación (ii) para la zafra de 2019.

Análisis de regresión lineal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A <sub>j</sub>	ECMP	AIC	BIC
cuadTonAz/mz	17	0.52	0.49	8889.24	203.70	206.20

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	411.87	32.27	343.08	480.65	12.76	<0.0001		
ii	-44.22	11.01	-67.68	-20.75	-4.02	0.0011	16.14	1.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	120267.44	1	120267.44	16.14	0.0011
ii	120267.44	1	120267.44	16.14	0.0011
Error	111806.49	15	7453.77		
Total	232073.94	16			

Figura 8: ANVA en Infostat con suma de cuadrados para el cuadrado de toneladas por manzana (cuadTonAz/mz) con intensidad de infestación (ii) para la zafra de 2019.

A-4. Tabla sensibilidad para datos Transformados.

Los datos en la figura 6 muestran una pendiente negativa, indicando que, a una mayor cantidad de lesiones, el rendimiento disminuye. El valor de m (reducción rendimiento/unidad de plaga) de la dispersión (Figura 6) es el que se utiliza para el cálculo de NDE.

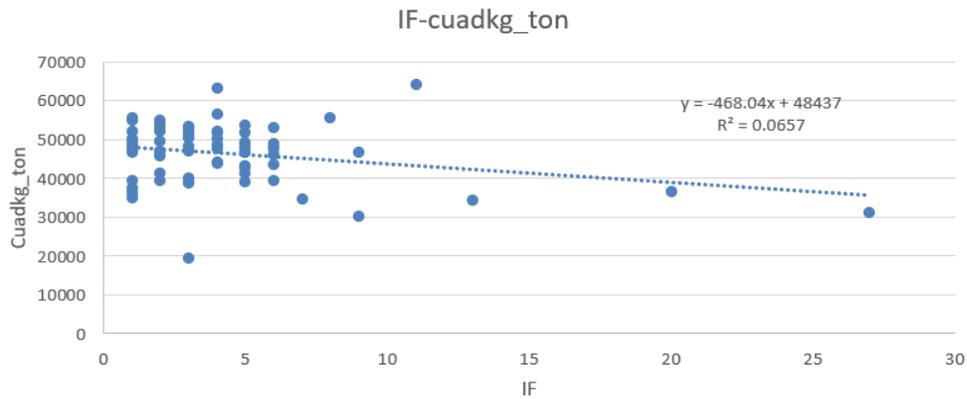


Figura 9: Dispersión de datos transformados

Al ingresar los datos a la Fórmula de NDE (cuadro 15) con la información anterior queda así:

Cuadro 15: Variables de NDE con datos transformados.

Tratamientos	Triflumuron	Chlorantraniliprole	<i>Bacillus thuringensis</i>
P (precio de mercado caña) 50kg	USD 48.00	USD 48.00	USD 48.00
C (costo mercado de cosecha) 100ml/mz	USD 6.00	USD 77.29	USD 2.84
S (grado de supresión)	44%	77%	100%
m (reducción rendimiento/unidad plaga)	468.04	468.04	468.04
NDE (Insectos por manzana)	0.000347	0.007837	1.264E-04

Los niveles de daño económico son bajos debido a la transformación de los datos es por tanto que la cantidad de insectos plaga necesaria para llegar a una densidad umbral es demasiado baja.