

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Código:AI-2211

NOMBRE DE LA INVESTIGACION

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

TITULO A OBTENER: INGENIERO AGRONOMO.

AUTORES

Nombres, apellidos	Institución y dirección	Teléfono y E-mail	Firma
Br. Henry Francisco Hernández Lemus	San José Sacare, La Palma. Chalatenango	78565771 hl14003@ues.edu.sv	
Br. Karla Mariana Rivas Morales	Caserío San Antonio, Nuevo Cuscatlán, La Libertad	76931265 rm13067@ues.edu.sv	
Ing. Agr. M.Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores	Universidad de El Salvador. Departamento de Protección Vegetal	7938 4988 andres.rivas1@ues.edu.sv	
Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes	Universidad de El Salvador. Departamento de Protección Vegetal	72763906 leopoldo.cervantes@ues.edu.sv	
Ing. Agr. M.Sc. Moises Ulises López Torres.	Ingenio El Angel	74363630 moisesuliseslopez@gmail.com	

Visto bueno:

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento de Protección Vegetal

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

Firma _____

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García

Firma _____

Jefe del Departamento de Protección Vegetal.

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

Firma _____

Sello:

Lugar y fecha: Ciudad Universitaria, 12 de septiembre 2022.

Hernandez-Lemus, HF¹; Rivas-Morales, KM¹; Rivas Flores. AW²; Serrano-Cervantes, L²; López Torres, MU³.

²Docentes directores, Universidad de El Salvador. Departamento de Protección Vegetal

³Docente director, Ingenio El Angel.

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 sp* 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 modelamos 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), (1mz =0.6988Ha) 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 R², 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 R², 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.

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

Materiales y métodos.

Para realizar la investigación se tomó información de la base de datos del Ingenio El Ángel tomada de las últimas cuatro zafras (2016-2020).

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. 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 Angel 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)¹,
 - 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 siguiente variable:

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

Esta variable también fue sometida 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 1), con esta organización se realizaron análisis de regresión simple. Este se 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 quedando de la siguiente manera.

¹ 1 ton=2,000 libras.

1 mz = 0.6988 Ha

Cuadro 1: 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) la 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; lo que indica:

- 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, se estimó 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 la 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 Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). En la variable costo de control (C) se tomaron en cuenta dos insecticidas utilizados en la región (Cuadro 2):

Cuadro 2: Información de Productos químicos a utilizar.

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 3) se utilizó el porcentaje de control del método de control a base de *Bacillus thuringensis*.

Cuadro 3: 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 4 muestra los componentes de la fórmula de NDE.

Cuadro 4: 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 --

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 5) 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 6). 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 para determinar como 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.

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 cuadTonAz/mz (0.0011 $P < 0.05$), y el año con 2020 resultó significativa la regresión de cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/ton) con Índice de infestación (IF) (0.0017 $P < 0.005$). El comportamiento con las demás variables resultó ser no significativo.

Cuadro 5: Valores de p-valor de la regresión lineal (Modelo por años).

Año	Variabes	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).

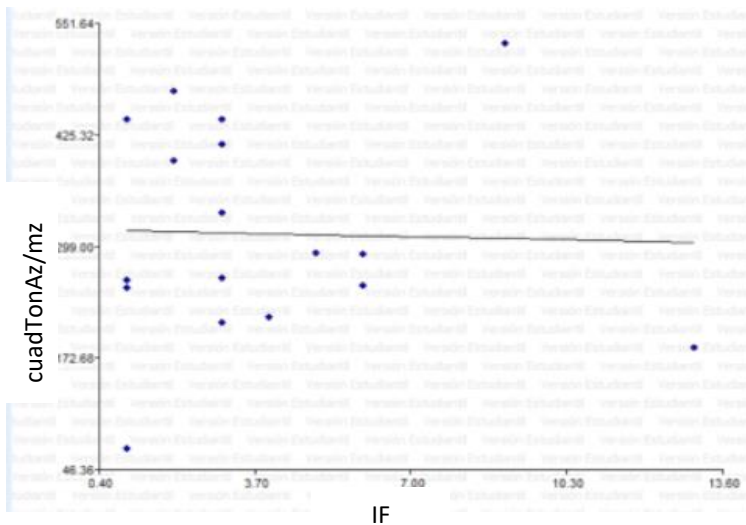


Figura 1: Dispersión en Infostat de datos de la regresión de cuadrado de kilogramos de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) con Índice de infestación (IF) 2019.

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 explica 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 ($P < 0,0011$) fue la de cuadrado de kilogramos de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) con Intensidad de infestación (ii) para la zafra de 2019 (figura 2).

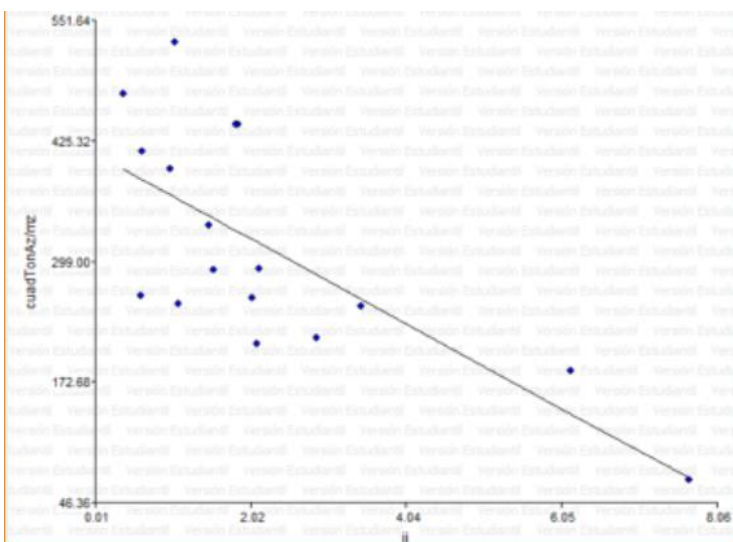


Figura 2: Dispersión en Infostat de datos de la regresión de intensidad de infestación (ii) con el cuadrado de toneladas de azúcar por manzana (cuadTonAz/mz) para el año 2019

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.

De manera similar se encontró que el Modelo lineal explicó un bajo porcentaje del comportamiento de los datos. Esto se observa en el cuadro 6:

Cuadro 6: Resultados de Infostat de R² de las variables en estudio

R ²	Variable Ton/mz	Índice de infestación (IF)	Intensidad de infestación (ii)
		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.

Modelo Lineal General (Todos los datos)

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 7).

Cuadro 7: 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 con valores de p significativo, es decir que si estaban relacionadas. La regresión del cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/Ton) con índice de infestación (IF) (casi a significativo); que presentó un p valor de 0.0349.

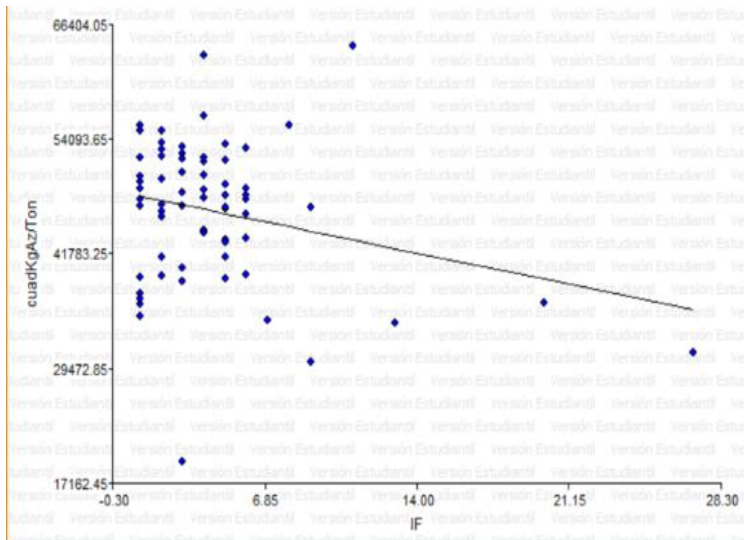


Figura 3: Salida de Infostat para cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/ton) con índice de infestación (IF).

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.

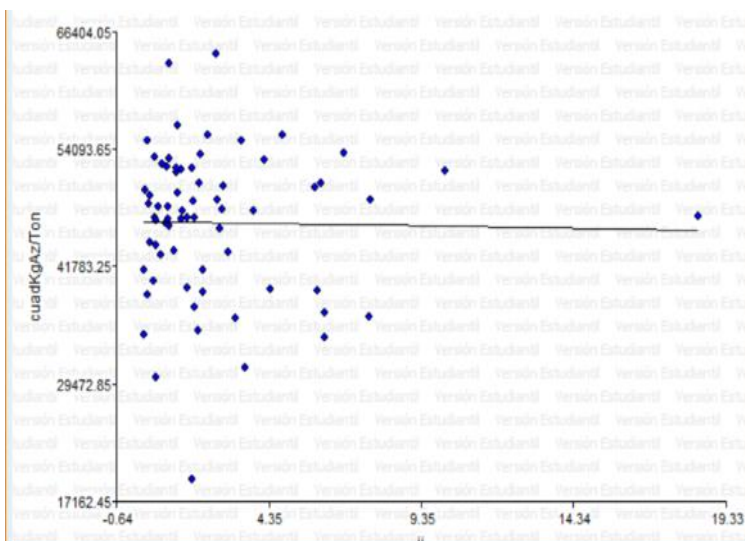


Figura 4: Salida de Infostat para cuadrado de kilogramos de azúcar por tonelada (cuadkgAz/Ton) con intensidad de infestación (ii).

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.

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.² La variable azarizada en el modelo fue el año.

El resultado obtenido fue una baja relación entre variables ($p\text{-valor} \geq 0.05$). Los valores de las regresiones lineales del análisis están en el Cuadro 8. 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 8: Valores de p de regresiones lineales de las variables (R-Studio)

$p\text{-valor}$	Variable	Índice de infestación (IF)	Intensidad de infestación (ii)
	Ton/mz	0,7945	0,2821
ANVA	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 período de estudio de 12 años

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

realizando alrededor de 2,500 observaciones. Contrastando tal estudio con el presente; con las 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 se encontró)*

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.

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.

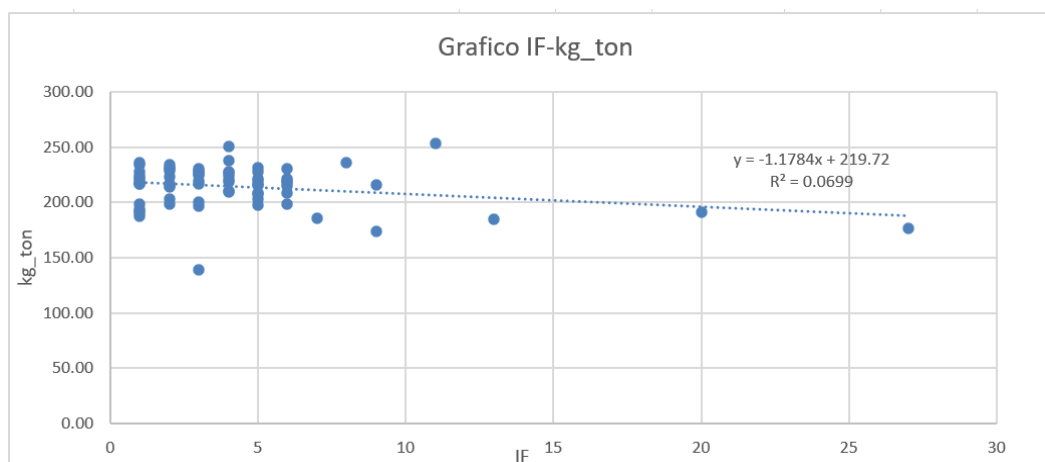


Figura 5: Dispersión de datos no transformados

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 significa que se está interpretando alrededor de un 6.9% del fenómeno en cuestión, la relación es muy baja, aunque muestra una tendencia que a mayor cantidad de daño se reduce la cantidad de kg de azúcar por tonelada de caña cosechada.

En el cuadro 9 se observa los datos sin realizar una transformación de ningún tipo.

Cuadro 9: Variables de NDE con datos sin transformación

Tratamiento	Triflumuron	Chlorantraniliprol e	<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	1.1784
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 (cuadro 10).

Cuadro 10: 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

En el cuadro 11 se puede observar el comportamiento de las variables de la formula en función del NDE.

Cuadro 11: Comportamiento de las variables en función del NDE.

Variable	NDE Sube	NDE Baja
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 se salva los costos de control. Movido por la oferta y demanda del producto	Si se necesita más producto para salvar los costos de control, debo de cuidar de no tener poblaciones muy altas que afecten en disminución de calidad o volumen
m (reducción rendimiento/ Unidad de plaga)	Una mayor voracidad del insecto 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 mantendrán una población base causando 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.

Conclusiones.

- La información recolectada en patio no permitió generar un modelo de perdida 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.

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.

Bibliografía.

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.

Clapham, ME. 2020. Linear mixed effects models. (video). 18 min. 36 seg., son., color.

Guzmán J, 2019. “La época de zafra 2019/2020 generará 250,000 empleos”. El Diario de hoy. San Salvador, El Salvador. 19 nov.:5.

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>.

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.

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.

Ramón M, Miguel C, Mauriello F, Graterol Y, Vanegas HG, Mendoza C, Pérez 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. ISSN 0002-192X.

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.

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/>

- 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.
- 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://estwadicafacil.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>