

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

DETERMINACIÓN DEL UMBRAL ECONÓMICO PARA GALLINA CIEGA
(*Phyllophaga elenans* S.) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.), INGENIO SAN ANTONIO, CHICHIGALPA.

AUTORES:

Br. JUAN RAMÓN SALINAS BALLESTEROS
Br. ERNESTO CARLOS ULLOA GARCÍA

ASESORES:

Dr. FRANCISCO BADILLA FERNÁNDEZ
Ing. M. Sc. ISABEL CHAVARRÍA GAITÁN
Ing. RENE LACAYO CORTEZ

MANAGÜA, NICARAGÜA
ABRIL, 2005
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

DETERMINACIÓN DEL UMBRAL ECONÓMICO PARA GALLINA CIEGA
(*Phyllophaga elenans* S.) EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum
officinarum* L.), INGENIO SAN ANTONIO, CHICHIGALPA.

AUTORES:

Br. JUAN RAMÓN SALINAS BALLESTEROS
Br. ERNESTO CARLOS ULLOA GARCÍA

ASESORES:

Dr. FRANCISCO BADILLA FERNÁNDEZ
Ing. M. Sc. ISABEL CHAVARRÍA GAITÁN
Ing. RENE LACAYO CORTEZ

PRESENTADO A LA CONSIDERACIÓN DEL
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO DE *INGENIERO AGRÓNOMO*
CON ORIENTACIÓN EN FITOTECNIA

MANAGÜA, NICARAGÜA
ABRIL, 2005

ACTO QUE DEDICO CON MUCHO CARIÑO A:

- DIOS Principalmente por que el me dio las fuerzas para seguir adelante en el duro camino que he recorrido y me falta por recorrer, y por que es la razón de nuestra existencia.
- MIS PADRES Sra. Francisca Ballesteros y Sr. Ramón A. Salinas quienes han sido un don del cielo en mi vida y siempre me han apoyado. Gracias por su tiempo, comprensión y grata compañía.
- MI HERMANA Ana Francis Salinas Ballesteros, por su grata compañía.
- MI COMPAÑERA Gabriela Castellón Reyes por haberme brindado su apoyo y cariño en los momentos más difíciles de mi vida.

Juan Ramón Salinas Ballesteros.

.....
ACTO QUE DEDICO CON MUCHO CARIÑO A:

- DIOS Ser supremo y autor infinito de la creación.
- MIS PADRES Isolina García y Alfredo Ulloa por su apoyo incondicional.
- MIS HERMANOS Geraldine Ulloa y Fernando Ulloa, por su grata compañía.
- MI COMPAÑERA Yesenia Flores Bendaña por su grata compañía en mi vida y apoyo incondicional
- MIS HIJOS Ernesto Ulloa y Justin Ulloa por ser fuente de inspiración y superación

Juan Ramón Salinas Ballesteros.
Ernesto Carlos Ulloa García.
TESIS QUE DEDICO A:

- La Agroindustria Azucarera de Nicaragua, que con su trabajo, esfuerzo y pasión tanto en el proceso agrícola como en el industrial, han hecho de esta actividad un ejemplo para la iniciativa privada.
- A la presidencia de la junta directiva de la empresa Nicaragua Sugar Estates Limited, por estar siempre dispuesta en apoyar programas de investigación en pro de la tecnificación del sistema agroindustrial de la explotación de caña azúcar, así como por regalarnos un gran legado, lleno de actitudes positivas, con gran deseo de ser competitivos, no olvidando el enfoque del uso de materiales y métodos más amigables con el medio ambiente.
- A los técnicos e ingenieros de campo de la Agroindustria de Nicaragua, pioneros en implementar y crear nuevas tecnologías, gracias a su esfuerzo y dedicación en todo ese tiempo, para hacer del sistema de producción de la caña de azúcar un cultivo cada vez más rentable y de alto nivel de tecnificación. Esperando que el presente estudio sirva o forme parte de las soluciones que oriente el manejo adecuado y específico de la plaga del suelo gallina ciega (*Phyllophaga elenans* S.)

Juan Ramón Salinas Ballesteros.
Ernesto Carlos Ulloa García.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CONTENIDO	i, ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ANEXOS DE FOTOS	v
ANEXOS DE FIGURAS	vi
ANEXOS DE CUADROS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Biología de gallina ciega <i>Phyllophaga elenans</i> S.	4
2.2 Métodos de control utilizados en la actualidad.	5
2.3 Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles.	6
2.4 Estimación de pérdidas.	6
2.5 El nivel de daño económico (N.D.E.) y el umbral económico (U.E.)	7
2.6 El Umbral Económico o “Umbral de Acción”	8
2.7 Método de muestreo de densidad de población de larvas de la plaga del suelo gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar.	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Localización del experimento.	11
3.2 Material genético empleado.	11
3.3 Diseño experimental y descripción de los tratamientos.	12
3.4 Variables evaluadas del crecimiento y producción.	13
3.4.1 Diámetro del tallo.	13
3.4.2 Altura del tallo.	13
3.4.3 Número de tallos molibles.	13
3.4.4 Rendimiento agrícola.	14
3.4.5 Rendimiento industrial.	14
3.4.6 Rendimiento agroindustrial.	15
3.5 Montaje del experimento.	15
3.5.1 Construcción de cajas de madera.	15
3.5.2 Recolección del suelo.	15
3.5.3 Desinfección del suelo.	16
3.5.4 Condiciones climáticas del experimento.	16
3.5.5 Recolección de larvas en el campo.	16

3.5.6 Alimentación de larvas.	17
3.5.7 Clasificación de larvas.	17
3.5.8 Inoculación de larvas.	18
3.5.9 Colocación de cintas de plástico distintivas.	18
3.6 Manejo agronómico del cultivo.	19
3.6.1 Siembra del cultivo.	19
3.6.2 Combate de las malezas.	18
3.6.3 Riego del cultivo	19
3.6.4 Fertilización del cultivo.	19
3.6.5 Cosecha del cultivo.	20
3.7 Análisis estadístico.	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1 Significancia estadística en variables de crecimiento y producción.	22
4.1.2 Diámetro del tallo.	22
4.1.3 Altura del tallo.	23
4.1.4 Número de tallos molibles.	25
4.1.5 Rendimiento agrícola.	26
4.1.6 Rendimiento industrial.	30
4.1.7 Rendimiento agroindustrial.	32
4.1.8 Análisis de correlación entre variables dependientes e independiente.	33
4.1.9 Determinación del umbral económico de gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar.	35
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
VIII. ANEXOS	42

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. El nivel de daño económico (N.D.E.) y el umbral económico (U.E.)	8
Figura 2. Dimensiones del hoyo de cada estación y tamaño del lote del muestreo de población de gallina ciega.	9
Figura 3. Regresión del rendimiento agrícola bajo diversas poblaciones de gallina ciega, en el I.S.A., Junio del 2002-Julio del 2003.	29

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características agronómicas de la variedad CP-70321.	11
Cuadro 2. Poblaciones de larvas inoculadas en sus respectivas unidades experimentales, definida en el tratamiento.	12
Cuadro 3. Resumen de resultados de ANDEVA para la variable diámetro del tallo.	22
Cuadro 4. Resumen de resultados de ANDEVA para la variable altura del tallo.	24
Cuadro 5. ANDEVA realizado a la variable número de tallos molibles.	25
Cuadro 6. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del número de tallos molibles.	26
Cuadro 7. ANDEVA realizado a la variable rendimiento agrícola (toneladas de caña ha^{-1})	27
Cuadro 8. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del rendimiento agrícola.	28
Cuadro 9. ANDEVA realizado a la variable rendimiento industrial (kilogramos de azúcar por tonelada de caña ⁻¹)	30
Cuadro 10. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del rendimiento industrial.	31
Cuadro 11. ANDEVA realizado a la variable rendimiento agroindustrial (toneladas de azúcar ha^{-1})	32
Cuadro 12. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del rendimiento agroindustrial.	33
Cuadro 13. Correlación Pearson entre todas las variables en estudio del experimento.	34

ANEXOS DE FOTOS

	Página
Foto 1. Larvas de la plaga subterránea gallina ciega (<i>Phyllophaga elenans</i> S.) del cultivo de caña de azúcar, en el tercer estadio larval, presentando la característica forma de "C".	42
Foto 2. Muestra de la unidad experimental, construida de madera.	43
Foto 3. Muestra la distribución de los tratamientos ubicados al azar en cuarenta y cuatro cajas de madera respectivamente enumeradas.	44
Foto 4. Muestra del proceso de recolección de larvas realizado por los empleados del Ingenio San Antonio.	45
Foto 5. Muestra los baldes utilizados para la recolección, alimentación y almacenamiento de las larvas antes de ser inoculadas en sus respectivas cajas	46
Foto 6. Proceso de clasificación de larvas a través de la observación de la palidia por medio del estereoscopio.	47
Foto 7. Colocación de cintas de plástico distintivas para diferenciar tallos que serán medidos.	48
Foto 8. Proceso de inoculación de los tratamientos en sus respectivas densidades poblacionales y unidades experimentales.	49
Foto 9. Medición de la variable diámetro del tallo, tomando la información a partir de la base del tallo.	50
Foto 10. Medición de la variable altura del tallo, tomando la información a partir de la base del tallo hasta la última lígula visible.	51
Foto 11. Pesaje de tallos molibles utilizando pesa digital.	52

ANEXOS DE FIGURAS

Figura 1. Localización del experimento, georeferenciado en las coordenadas geográficas 12°32'03'' latitud norte y 87°02'54'' longitud oeste. 53

Figura 2. Muestra del último segmento de la plaga gallina ciega (*Phyllophaga elenans* S.), conocido como raster en donde claramente se observa la palidia. 54

ANEXOS DE CUADROS

Cuadro 1. Resultado del muestreo y análisis físico del suelo utilizado en el experimento de determinación del umbral económico de gallina ciega (<i>Phyllophaga eleanans</i> S.)	55
Cuadro 2. Condiciones climáticas a las que se sometió el cultivo de caña de azúcar del experimento de determinación del umbral económico de gallina ciega (<i>Phyllophaga eleanans</i> S.)	56

RESUMEN

DETERMINACIÓN DEL UMBRAL ECONÓMICO PARA GALLINA CIEGA (*Phyllophaga elenans* S.) EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.), EN EL INGENIO SAN ANTONIO, CHICHIGALPA.

Dentro de los numerosos organismos insectiles que actúan de manera adversa en la producción de caña de azúcar, se encuentran las larvas de gallina ciega reportadas como plaga en la zona cañera. Para la determinación del umbral económico (U.E.), se siguió la siguiente metodología: el experimento se montó el 21 de junio del 2002 en el municipio de Chichigalpa. Se implementó un diseño en bloques completamente al azar (B.C.A.), con 11 tratamientos y 4 repeticiones. La captura de larvas de gallina ciega se hizo de lotes con un historial de daño. Se clasificaron las larvas por género-especie y por color. Se inocularon en las cajas de madera las densidades de población de larvas definida en los tratamientos. La siembra se realizó con yemas de caña de azúcar, variedad CP-70321 a una densidad de siembra de 15 yemas por metro lineal. Las variables del crecimiento y producción fueron estudiadas a través del ANDEVA (95 y 99 % de confianza). Se detectó significancia en 2 de los 10 ANDEVA realizados para altura del tallo, no se encontró significancia para diámetro del tallo, número de tallos molibles, rendimiento agrícola, rendimiento industrial y tampoco en el rendimiento agroindustrial, la significancia se encontró para todas las variables en estudio al realizar la DMS (t-student $\alpha=0.05$). Para el cálculo del U.E., se analizaron diferentes modelos de regresión, el mejor ajuste de los datos se encontró con el modelo cuadrático, el factor de pérdida fue calculado e introducido en la fórmula del umbral económico sugerida por el Dr. Francisco Badilla Fernández, de la cual, se obtuvo un valor de 7.66 larvas por metro cuadrado como umbral económico. Concluyendo que después de realizar un muestreo de plagas en lotes cañeros y se encuentren estas poblaciones de larvas, es el momento oportuno de tomar medidas de control.

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria de la caña de azúcar es una de las actividades económicas que ocupa un lugar importante a nivel nacional al contribuir con 4% del producto interno bruto nacional, en los últimos años se ha mantenido en creciente expansión, tanto en toneladas molidas zafra 03/04: 4,536,036 toneladas como en áreas de siembra zafra 03/04: 44,120.5 ha. (La prensa, 2004).

En el área agrícola se necesita obtener altos rendimientos, esto implica evitar el efecto de organismos que actúan de manera adversa en la producción, uno de estos es la larva del suelo gallina ciega (*Phyllophaga eleanans* S.) reportada como plaga en algunas fincas de la zona cañera nacional (Urzua, 1994).

El principal cultivo del municipio de Chichigalpa lugar en donde se realizó el experimento es la caña de azúcar, el área cultivada de caña de azúcar en el municipio ha estado entre 19,672.8 ha. y 24,591 ha. a partir del inicio de los años noventa (MAG, 1996).

Para que la explotación comercial del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) sea rentable, es necesaria la obtención de altos rendimientos, para lo cual, es indispensable conocer y manejar los diferentes factores que actúan de forma adversa para el cultivo. Estos factores adversos pueden ser abióticos y bióticos, dentro de los bióticos se pueden mencionar plagas insectiles y enfermedades.

Esta plaga se encuentra presente durante todo el ciclo del cultivo de la caña de azúcar, ya sea en soca o en caña planta, a veces se presenta hasta por dos ciclos, que son dos años, registrándose su presencia en toda la zona cañera (Carrillo, 1996).

El daño económico se produce en el tercer estadio larval ya que la plaga se alimenta de las raíces del cultivo, provocando daños físicos a la misma; debido a que presentan un desarrollo completo de las mandíbulas. En este estadio la plaga se alimenta de forma voraz de las raíces por un espacio de tiempo comprendido de 5 a 8 semanas, suelen alimentarse del tallo cuando se producen ataques severos. Afectan el rendimiento del cultivo ya que se reduce la capacidad de absorción de agua y nutrientes, el crecimiento del cultivo se retarda y la población de tallos es menor en los retoños por causa del daño

físico. Los tallos pierden el anclaje y el viento o la maquinaria durante la cosecha pueden arrancarlos fácilmente. Al estar presentes en la planta algunas heridas, se facilita el ingreso de agentes infecciosos: hongos, bacterias y nemátodos. Cuando ocurre un período de sequía las hojas adquieren una coloración amarilla y los daños se distribuyen en parches entre los meses de junio y octubre (Subirós, 1995).

En la actualidad para las condiciones del Ingenio San Antonio (I.S.A.), se invierten pocos recursos por concepto de control químico de plagas del suelo. Este control se efectúa en lotes que presentan poblaciones de 15 larvas por metro cuadrado; éste es el nivel que se utiliza actualmente como criterio de control en el I.S.A. (Lacayo, 2005, Comunicación personal).

Se han realizado estudios que demuestran la poca eficiencia de los insecticidas químicos en el combate de gallina ciega en el I.S.A., además en la actualidad no existe información del umbral económico para controlar gallina ciega; por tal razón se debe de realizar un trabajo investigativo que tenga como meta determinarlo (Proceso de investigación agrícola, 1996).

Para definir la población de larvas que indique el momento oportuno para tomar medidas de control o dicho de otra manera cuando se determine el umbral económico (U.E.), será necesario determinar la incidencia de diferentes densidades de población de larvas sobre las variables del crecimiento: diámetro del tallo, altura del tallo y número de tallos molibles y sobre las variables de producción: rendimiento agrícola, rendimiento industrial y rendimiento agroindustrial, es necesaria más investigación (Tejeda, 1993).

Esta investigación pretendió determinar la población de gallina ciega con la que se alcanza el umbral económico y la incidencia de las larvas sobre el crecimiento y producción del cultivo de caña de azúcar, con la finalidad de tomar decisiones del manejo de la plaga de forma más eficiente y amigable con el medio ambiente.

Tomando en consideración la problemática anterior, el presente estudio se propone generar información mediante la evaluación de 11 tratamientos de diferentes densidades

de población de larvas de gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar, variedad Canal Point 70321, teniendo como objetivos los siguientes:

Objetivo General

- Generar información del umbral económico de la plaga del suelo gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar.

Objetivos específicos

- Estimar el factor de pérdida causado por gallina ciega a través del análisis de regresión del rendimiento agrícola.
- Determinar el efecto de diferentes densidades de población de gallina ciega sobre las variables diámetro del tallo, altura del tallo, número de tallos molibles, rendimiento agrícola, rendimiento industrial y rendimiento agroindustrial en el cultivo de caña de azúcar.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Biología de gallina ciega (*Phyllophaga elenans* S.)

Son larvas gordas, carnosas y arrugadas, de color blanco o crema y con el cuerpo en forma de la letra C (anexo, foto 1.). Las patas son bien desarrolladas y a menudo velludas. La cabeza es grande, hipognata y densamente esclerotizada, de color amarillo-café, con mandíbulas poderosas y expuestas (King, 1984).

Phyllophaga elenans S. es probablemente la especie más común y ampliamente distribuida con un ciclo de vida de hasta dos años. Debido a que generalmente se encuentra en las partes más secas de América Central, la emergencia de adultos se da con las primeras lluvias, rara vez ocurre antes de mediados de mayo y prácticamente continúa hasta junio. Los adultos se alimentan de las hojas de un amplio rango de árboles y arbustos (King, 1984).

Un período de pre-oviposición más largo, asegura que pocos huevos se abran antes de julio y las larvas alcancen el final del segundo estadio no mucho antes de septiembre. Cada larva entonces construye una celda de tierra en la cual permanece inactiva hasta abril o mayo siguiente, cuando ocurre el paso al tercer estadio, la larva deja su celda probablemente como respuesta a la humedad del suelo. Se alimenta vorazmente de raíces de plantas hasta agosto o septiembre, la alimentación entonces cesa y una celda es construida a una mayor profundidad en el suelo, las larvas entran en un período de descanso obligatorio. La etapa de pupa dura cerca de un mes y el adulto permanece dentro de su celda hasta su madurez fisiológica y es estimulada a emerger cuando la lluvia moja el suelo. En la parte más al sur de su rango, donde la época seca es más severa, algunas larvas completan su desarrollo en solo un año. Se desconocen factores ambientales o intrínsecos que causan que la larva en su segundo estadio entre en letargo y de este modo determine un ciclo de dos años, sin embargo, el período de oviposición y el de descanso de la larva en el tercer estadio fueron más cortos en poblaciones a partir de un clima más húmedo en el sur de su rango (King, 1984).

2.2 Métodos de control utilizados en la actualidad

Para establecer medidas de combate contra las plagas de gallina ciega es necesario determinar la especie, su ciclo biológico y dinámica de la población. Si se conocen las especies presentes y su fluctuación a través del año es posible establecer estrategias de combate, ya que son un grupo de insectos con comportamientos y hábitos diferentes. No existe información en relación con el nivel crítico de la plaga que justifique las medidas para el combate, ya que es difícil correlacionar el número de larvas con la disminución del rendimiento. Sin embargo, se estima que de existir 3 ó 4 larvas grandes por planta es necesario tomar medidas. También se sugiere que una sola larva puede ser suficiente para provocar daños económicos (Subirós, 1995), para su control se ha utilizado tradicionalmente:

- El M.I.P. o manejo integrado de plagas (Rodríguez y Sáenz, 1999).
- El combate de las malezas y árboles hospederos (Rodríguez y Sáenz, 1999).
- El uso de trampas de luz para la captura de adultos (Rodríguez y Sáenz, 1999).
- El uso de insecticidas de contacto en cultivos trampas: *Caesalpinia*, *Guazuma*, *Spondias* (Rodríguez y Sáenz, 1999).
- El uso de insecticidas granulados: Aldicard y clorpirifos; como medidas preventivas (Rodríguez y Sáenz, 1999).
- El uso de feromonas sexuales (Rodríguez y Sáenz, 1999).

Si bien es cierto que actualmente se tienen herramientas necesarias para mantener a la plaga bajo niveles seguros, la aplicación del M.I.P. como tal implica un alto costo por lo que en muchos casos no se realiza. Esta situación ha motivado a los organismos técnicos, estatales y privados a disponer de más tiempo y recursos para la investigación acerca de nuevas formas de control que sean más accesibles y eficientes con el fin de aminorar el efecto de la plaga en unidades productivas de pequeños y medianos productores. Se ha logrado producto de ese esfuerzo, implementar el uso de feromonas sexuales que colocadas en puntos estratégicos han permitido capturas anuales de 298,000 adultos; sin embargo su alto costo y su baja accesibilidad interfieren con la posibilidad de que sean utilizados de forma generalizada. El uso de controladores biológicos tales como los depredadores y parasitoides para su liberación en el campo, a sí mismo el uso de bacterias entomopatógenas tales como algunas especies de *Erwinia*

que es la causante de la enfermedad de la espina lechosa tanto en *Phyllophaga* como en escarabidos, también bacterias como *Bacillus popilliae* han sido estudiadas solamente a nivel de laboratorio por su alto costo de producción. El uso de hongos entomopatógenos ha mostrado ser una herramienta eficiente, segura y accesible para el productor, géneros tales como *Metarrhizium sp*, *Beauveria sp*, han sido de gran ayuda para el control de varias plagas de caña de azúcar. Queda por lo tanto continuar con el desarrollo de estas investigaciones sin dejar de lado la identificación de los niveles críticos de la plaga y umbrales económicos para el cultivo, lo que permitirá aplicar las estrategias de control en el momento oportuno y de forma más adecuada (Rodríguez y Sáenz, 1999).

2.3 Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles

Un insecto herbívoro u otro organismo se constituyen en una plaga cuando ha alcanzado un nivel poblacional que es suficiente para causar pérdidas económicas. La meta principal de la estimación de los niveles de daño económico (“economic injury levels”) es definir “la pérdida económica” para un cultivo dado y calcular el nivel poblacional de una plaga dada que provocaría tal pérdida (Hruska y Rosset, 1987).

2.4 Estimación de pérdidas

La estimación de pérdidas en cultivos, provocadas por plagas insectiles, es el primer paso hacia la racionalización del combate de estas. Una vez que son cuantificadas las pérdidas en diversos cultivos, debido a los distintos insectos. Se puede priorizar el trabajo investigativo según la importancia económica que tienen las diferentes plagas. Además se pueden identificar problemas actuales de insectos antes no reconocidos como plagas y de insectos que son objeto de muchas aplicaciones químicas a pesar de que no causan daños económicos. Finalmente los datos adquiridos le permiten estimar el nivel de daño económico, lo cual es el instrumento básico del M.I.P. (Andrews y Quezada, 1989).

2.5 El nivel de daño económico (N.D.E.) y el umbral económico (U.E.)

La filosofía del M.I.P. tiene como una de sus metas racionalizar el uso de plaguicidas. Por tal motivo, se ha desarrollado la técnica del umbral económico (U.E.). Esta técnica es una regla de decisión para un control económicamente eficiente de la plaga. La aplicación del control de la plaga se hace cuando la población de esta sobrepasa un umbral. El concepto, en general, consiste en soportar la presencia de la plaga hasta el punto en que cause suficiente daño como para que el beneficio de su control justifique el costo de dicho control.

El umbral económico entonces, será el nivel mínimo de población donde el beneficio marginal del control es igual a su costo marginal. Esta definición del umbral económico es similar a lo que se conoce en la literatura entomológica como niveles de daño económico (French, 1989).

Hay una gran confusión en la literatura entomológica entre el nivel de daño económico (N.D.E.) y el “Umbral Económico” (economic threshold) o “umbral de acción” (action threshold). La tendencia ha sido la de usar estos términos como si fueran intercambiables, aunque en realidad son conceptos distintos (Hruska y Rosset, 1987).

El nivel de daño económico es la densidad poblacional de plaga en la cual el costo de combate coincide con el beneficio económico esperado del mismo. La acción de control “salva” una parte del rendimiento, lo cual se hubiera perdido si no se hubiese implementado el control. Dicho “rendimiento salvado” tiene un valor monetario, que iguala el costo de implementar el control, si esto se hace cuando la densidad poblacional de la plaga alcanza el N.D.E., en otras palabras, el N.D.E. es la densidad poblacional de la plaga donde el valor del rendimiento salvado cubre exactamente los gastos del control. Si la densidad de la plaga es menor, no sería rentable implementar el control (Hruska y Rosset, 1987).

2.6 El Umbral Económico o “Umbral de Acción”

Es generalmente definido como la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el N.D.E. en el futuro (Hruska, 1987). El U.E. se encuentra a una densidad menor de la plaga que el N.D.E., para permitir el tiempo en que actúa el método del control (figura 1.).

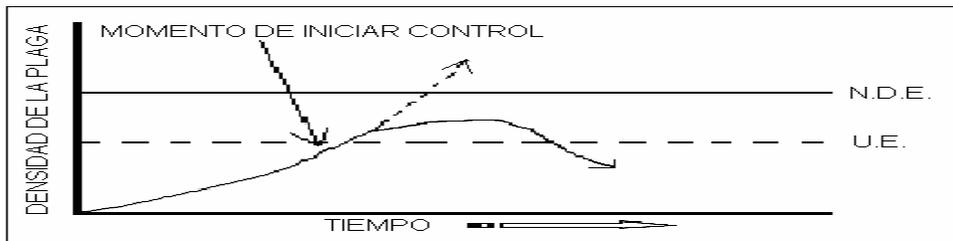


Figura 1. El nivel de daño económico (N.D.E.) y el umbral económico (U.E.).

El U.E. es sumamente difícil de estimar, porque depende de la dinámica poblacional de la plaga. Normalmente se requieren años de investigación para poder predecir el crecimiento de una población. Se podría pensar en otros criterios potenciales para determinar un “umbral de acción”. Su estimación podría depender, por ejemplo, de los factores subjetivos que incorpora el agricultor en su proceso de toma de decisiones, como de los recursos monetarios disponibles, el nivel de riesgo que está dispuesto a aceptar, o el hecho de producir para autoconsumo versus de querer maximizar su ganancia, etc. Estos factores también son difíciles de cuantificar, y tampoco están realmente al alcance del investigador. En cambio el N.D.E., es relativamente fácil de estimar, y puede servir como un primer paso o “umbral provisional” que divida las acciones de control en dos grupos: las que se implementan por debajo del N.D.E., que no son rentables; y las que se implementan del N.D.E. para arriba, que si son rentables. Esto quizás no indica la densidad óptima para iniciar un control, pero permite eliminar las aplicaciones no rentables y lógicamente innecesarias, “racionalizando” así el control químico (Hruska y Rosset, 1987).

2.7 Método de muestreo de densidad de población de larvas de la plaga del suelo gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar

El muestreo de larvas de gallina ciega se realiza en campos o lotes que tengan un área de extensión de 10 hectáreas, en dicha extensión de área se distribuyen en forma de la letra X las 5 estaciones, cada estación deberá tener cavado un hoyo con una dimensión de 0.6 metros cúbicos, luego de haber realizando esa actividad se procederá posteriormente a cuantificar el número de larvas por estación mediante el contero directo y los datos se registran o anotan (figura 2.), luego se sustituyen los valores en la fórmula siguiente para calcular la población de larvas obtenidas por estación:

$$\text{Larvas encontradas por estación} = \frac{\text{larvas total} / \text{número de estaciones}}{\text{largo} * \text{ancho}}$$

Para determinar la densidad de población de larvas presentes en el área de muestreo se deberá de determinar las larvas encontradas por estación y se suman las larvas obtenidas en las 5 estaciones, después se procede a dividir entre 5 la cantidad de larvas obtenidas con el objetivo de determinar la media poblacional de larvas de gallina ciega.

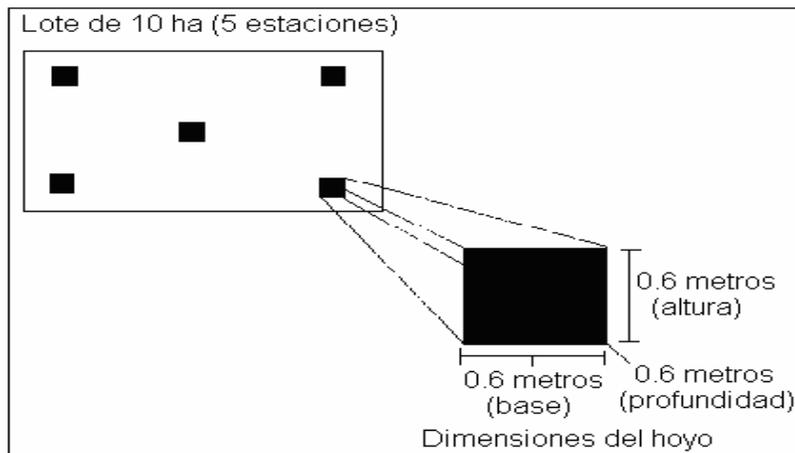


Figura 2. Dimensiones del hoyo de cada estación y tamaño del lote del muestreo de población de gallina ciega.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula

Ho: $S T_i = 0$, es decir: Todos los tratamientos son iguales entre sí (No existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de tratamiento.).

Hipótesis alterna

Ha: $S T_i = 0$, es decir: Al menos un par de los resultados de tratamiento sean diferentes o sea que entre sus medias existan diferencias significativas en cuanto al rendimiento agrícola, rendimiento industrial y rendimiento agroindustrial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El experimento se llevo a cabo en el Ingenio San Antonio del municipio de Chichigalpa del departamento de Chinandega, Nicaragua, ubicado entre las coordenadas geográficas 12°32'03" latitud norte y 87°02'54" longitud oeste (anexo, figura 1.).

3.2 Material genético empleado

Se utilizó la variedad CP-70321 ya que es la más cultivada en el I.S.A., ocupando un área de siembra de 11,083.52 ha. (50 % del área total de siembra del I.S.A.) en la zafra 2001/2002, las características de la variedad CP-70321, se resumen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características agronómicas de la variedad CP-70321 (Vega, 2005, Comunicación personal).

Características agronómicas	Cantidad registrada
kg. azúcar/tc.	101.64
kg. azúcar/tc. potencial	155.82
tc./ ha.	155.49
QQ. azúcar/ ha.	158.04
QQ. azúcar/ ha. potencial	242.29
Madurez	tardía
Fibra % caña genética	11.65
Fibra % caña industrial	12.21
Floración (%)	28.61
Altura (m.)	3.12
Nº canutos / tallos	22.10
Largo de canutos (cm.)	13.41
Diámetro de tallos (mm.)	25.23
Peso / tallo (kg.)	1.42
Tallos / metro lineal	16.08
Ciclo del cultivo (meses)	12

Clave: tc.= tonelada corta; ha.= hectáreas; kg.= kilogramos; QQ.= quintales métricos; m.= metros; cm.= centímetros; mm= milímetros.

3.3 Diseño experimental y descripción de los tratamientos

Los 11 tratamientos fueron distribuidos en cada una de las hileras sin repetir, es decir que cada tratamiento sólo estaba una vez en la hilera. El diseño experimental fue un diseño completamente al azar (D.C.A.) por que los tratamientos se inocularon en cajas y el suelo era homogéneo, el pH y la textura era la misma para cada una de las cajas. Por la azarización que se realizó a los tratamientos se consideró un agrupamiento de los datos como un diseño en bloque completamente al azar (B.C.A.) y el modelo aditivo lineal utilizado fue el de un B.C.A. para el análisis estadístico (ANDEVA).

Los tratamientos evaluados se definieron a partir de observaciones realizadas en el campo y con base a lo sugerido por el asesor técnico de la empresa, quién menciona como nivel crítico un número de 10 larvas por cepa (Subirós, 1995). Se evaluaron tratamientos con niveles inferiores a los sugeridos por el Dr. Badilla, así como tratamientos con niveles más altos, se trató de cubrir un amplio espectro de niveles poblacionales de larvas de gallina ciega (cuadro 2.), estos intervalos de 4 larvas para cada uno de los tratamientos se definieron a partir de intervalos ya definidos anteriormente en estudios previos realizados en el cultivo de maíz, ya que no se contaba con información de estudios realizados en caña de azúcar sobre los factores de pérdidas y umbral económico de gallina ciega.

Cuadro 2. Poblaciones de larvas inoculadas en sus respectivas unidades experimentales, definida en el tratamiento.

Tratamiento	Larvas/m ²
1 (testigo)	0
2	4
3	8
4	12
5	16
6	20
7	24
8	28
9	32
10	36
11	40

Clave: m² = metros cuadrados

3.4 Variables evaluadas del crecimiento y producción

Estas variables fueron estudiadas con el objetivo de determinar la incidencia o el efecto que las larvas de gallina ciega ejercen sobre el cultivo de caña de azúcar en las variables del crecimiento y producción.

3.4.1 Diámetro del tallo

El diámetro fue medido a partir de la base del tallo utilizando un vernier o pie de rey, en total fueron medidas 10 plantas por caja, todos los días 10 de cada mes, después se calculó el promedio del tratamiento al dividir entre 4 la sumatoria de los datos de las mismas 4 cajas, también se realizó un ANDEVA mensualmente en base a los datos de las mediciones realizadas, en total se hicieron 10 ANDEVA (anexo, foto 9.).

3.4.2 Altura del tallo

La variable altura fue medida a partir de la base del tallo hasta la última lígula visible, utilizando una cinta métrica, en total fueron medidas 10 plantas por caja, todos los días 10 de cada mes, después se calculó el promedio del tratamiento al dividir entre 4 la sumatoria de los datos de las mismas 4 cajas, también se realizó un ANDEVA mensualmente, en total se hicieron 10 ANDEVA (anexo, foto 10.).

3.4.3 Número de tallos molibles

El número de tallos molibles, se determinó mediante el conteo directo de los tallos considerados aprovechables en el proceso agroindustrial de obtención de azúcar en la cosecha, después se calculó el promedio del tratamiento al dividir entre 4 la sumatoria de los datos de las mismas 4 cajas, también se realizó un ANDEVA en base a los datos obtenidos del conteo directo y posteriormente se realizó la DMS (t-student. con $\alpha=0.05$).

3.4.4 Rendimiento agrícola

El rendimiento agrícola se determinó hasta el momento de la cosecha el 24 de julio del 2003 (13 meses de edad del cultivo) y el corte se realizó en verde excluyéndose los rebrotes y las puntas, se trato de simular el corte que se realiza en las plantaciones comerciales; es decir se hizo corte a la base del tallo y corte hasta el punto de quiebre. La caña cortada se pesó con una pesa digital (anexo, foto 11.), luego se utilizó la fórmula siguiente para determinar el rendimiento agrícola obtenido en la unidad experimental y después se calculó el promedio del tratamiento al dividir entre 4 la sumatoria de los datos de las mismas 4 cajas, también se realizó un ANDEVA en base a los datos obtenidos y posteriormente se realizó la DMS (t-student. con $\alpha=0.05$).

$$\text{Tcha}^{-1} = \frac{\# \text{ tallos (metro lineal)} * \text{ peso individual de tallos} * 6,666}{1,000 \text{ kg}}$$

Donde: Tcha^{-1} = Toneladas de caña por hectárea.

3.4.5 Rendimiento industrial

El rendimiento industrial se determinó en el laboratorio de investigación agrícola del I.S.A., pero primero se tuvo que extraer el jugo de caña de azúcar (guarapo) en una prensa hidráulica y el cálculo del rendimiento industrial del tratamiento se logró obtener al dividir entre 4 la sumatoria de los datos obtenidos de las 4 unidades experimentales que contenían el mismo tratamiento, luego se aplicó la fórmula siguiente para el análisis de jugos:

$$\text{Rendimiento} = \text{Pol} * 4.278327388 * \text{EXP}(5.525027012 * (0.28-0.08/\text{Brix} * 100))$$

Donde: Pol = Polaridad.

Brix = Concentración de sólidos disueltos, medidos en grados Brix.

También se realizó un ANDEVA en base a los datos obtenidos y posteriormente se realizó la DMS (t-student. con $\alpha=0.05$).

3.4.6 Rendimiento agroindustrial

El rendimiento agroindustrial se determinó al calcular las toneladas de azúcar por hectárea con la fórmula de TAH obtenido en la unidad experimental y el cálculo del rendimiento agroindustrial del tratamiento se logró obtener al dividir entre 4 la sumatoria de los datos obtenidos de las 4 unidades experimentales que contenían el mismo tratamiento, también se realizó un ANDEVA en base a los datos obtenidos y posteriormente se realizó la DMS (t-student. con $\alpha=0.05$).

$$\text{TAH} = \frac{\text{toneladas de caña ha}^{-1} * \text{kilogramos de azúcar ha}^{-1}}{1,000 \text{ kg}}$$

Donde: TAH = toneladas de azúcar ha⁻¹
1000 kg. = 1 tonelada métrica.

3.5 Montaje del experimento

3.5.1 Construcción de cajas de madera

Las cajas tuvieron dimensiones de 1 * 1 * 0.8 metros, con una capacidad de 0.80 metros cúbicos de suelo, se emplearon 0.75 metros cúbicos por que no se llenaron hasta el borde, si no que se dejaron 5 centímetros de margen para que no existieran deslaves o rebalses del suelo y de esta forma prevenir pérdidas de larvas (anexo, foto 2.), los tratamientos fueron distribuidos en 44 cajas de madera enumeradas (anexo, foto 3.). Para facilitar el drenaje de las cajas se hicieron 5 agujeros en la base de la caja, los cuales fueron cubiertos con maya de cedazo con el objetivo de evitar que las larvas salieran por los orificios.

3.5.2 Recolección del suelo

El suelo utilizado en el experimento se recolectó en un lote que se encontraba ubicado cerca del sitio del experimento, la textura del suelo fue franco y con un pH de 7.4, por lo tanto el suelo contenido en las unidades experimentales era homogéneo (anexo, cuadro 1.).

3.5.3 Desinfección del suelo

El suelo fue esterilizado en un horno durante 3 horas a una temperatura de 53 grados Celsius. Este proceso se efectuó antes del llenado de las cajas con el fin de erradicar cualquier organismo vertebrado e invertebrado o material de origen vegetal ajeno al experimento u organismos que causen depredación de las larvas de gallina ciega.

3.5.4 Condiciones climáticas del experimento

Las condiciones climáticas a las que fue sometido el cultivo se registraron periódicamente en la estación meteorológica del I.S.A. (anexo, cuadro 2.).

3.5.5 Recolección de larvas en el campo

La recolección de las larvas de gallina ciega se realizó en un lote con historial de presencia de daño al cultivo, la captura se realizó en áreas húmedas cavando el suelo con palas y picos, se sacaron las larvas a la superficie y después se seleccionaron las larvas que no presentaban golpes o moretones (anexo, foto 4.). Las larvas se colocaron en la superficie con tierra de los baldes y si estas eran capaces de enterrarse en la tierra contenida en el balde se asumió que estas estaban en buen estado (anexo, foto 5.), las larvas recolectadas en total fueron 1,500. Cabe destacar que la especie *Phyllophaga elenans* S. es la plaga de gallina ciega más ampliamente distribuida en los lotes cañeros del I.S.A. ocupando 92% de presencia en dichos lotes. Por consiguiente fue factible inocular a esta especie en las cajas del experimento para calcular el factor de pérdidas y el umbral económico debido a su importancia, ya que se encuentra en mayor grado que las otras especies de *Phyllophaga*: *menetriesis* 4%, *anomala* 3%, *vicina* 0.5%, *parviseti* 0.5%.

3.5.6 Alimentación de larvas

Todas las 1,500 larvas fueron alimentadas con rodajas de papa a una razón de 1.2 libras por balde cada tres días, el cuidado y alimentación de las larvas se realizó en período de tiempo de 2 semanas.

3.5.7 Clasificación de larvas

Las 1,500 larvas fueron clasificadas por género y especie como también por color, debido a las densidades de población de larvas de gallina ciega definidas en los tratamientos sólo se inocularon 880 larvas en las unidades experimentales. Se clasificaron con ayuda de una clave de determinación entomológica del *C.A.T.I.E., en la que aparecen los diferentes tipos de género y especie de insectos plagas y se observó a través del estereoscopio la palidia (anexo, foto 6.) y de esta manera es que se pudo diferenciar una larva de otra, la palidia se encuentra en el raster (anexo, figura 2.).

Se eliminaron las larvas de color cremosas por que éstas iniciaban el estado de pupa (letargo) y en este estado no se alimentan del cultivo que es lo que se pretende que las larvas realicen.

3.5.8 Inoculación de larvas

La etapa fenológica del cultivo en la que se inoculó los tratamientos, se conoce como macollamiento (momento en que se da el cierre de la plantación). La inoculación de las larvas se realizó a los a los 51 días después de la siembra el 10 de agosto del 2002 en total se inocularon 880 larvas de gallina ciega previamente clasificadas, las larvas se colocaron en sus respectivas unidades experimentales con las densidades de población establecidas (cuadro 2.) para cada tratamiento se depositaron las larvas en zanjas cavadas de forma paralela a la dirección del surco con una profundidad de 25 centímetros, en total fueron dos zanjas por caja (anexo, foto 8.), el suelo se revolvió con cuidado para no dañar a las larvas, las larvas del tratamiento fueron inoculadas en dos cantidades; es decir, una mitad de las larvas del tratamiento en una zanja y la otra mitad de las larvas en la otra zanja.

3.5.9 Colocación de cintas de plástico distintivas

Se colocaron cintas de plástico con el objetivo de diferenciar los tallos que iban a ser medidos mensualmente para las variables diámetro del tallo y altura del tallo, ya que las cajas presentaban muchos tallos y no todos se midieron es decir, sólo se midieron los tallos de control, los demás se utilizaron para determinar: el número de tallos molibles, el rendimiento agrícola, industrial y agroindustrial del tratamiento (anexo, foto 7.).

*Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

3.6 Manejo agronómico del cultivo.

3.6.1 Siembra del cultivo

Se realizó el 21 de junio del 2002, se utilizaron esquejes provenientes de caña planta de 7 meses de edad de un mismo lote de semilla y de la misma variedad tipo Canal Point (CP-70321), la siembra se realizó trazando un surco a una profundidad de 20 centímetros en donde se depositaron los esquejes al fondo del surco a manera de que en toda la longitud de la caja (un metro) se establecieran 15 yemas. Las yemas se inspeccionaron visualmente para asegurar que se encontraban sanas y libres de enfermedades.

3.6.2 Combate de las malezas

Se realizó manualmente según la incidencia, es decir, se procedió a arrancar de raíz a las malezas en el momento preciso en que aparecieran.

3.6.3 Riego del cultivo

El riego se realizó durante la germinación al momento de la siembra y riego en la época seca con una frecuencia de cada 20 días, siempre se irrigó el suelo de las unidades experimentales a capacidad de campo.

3.6.4 Fertilización del cultivo

La fertilización que se realizó es la misma de las plantaciones comerciales, es decir se utilizó nitrógeno y fósforo en forma de fosfato diamónico formulado a 18-46-00 con la dosis de 279.54 kg/ha (equivalente a aplicar 0.03 kg de fosfato diamónico caja^{-1}) esto fue al momento de la siembra. A los cuatro meses de edad del cultivo se aplicó urea formulada a una relación de 46-00-00 con la dosis de 195.45 kg/ha (equivalente a aplicar 0.02 kg de urea caja^{-1}).

3.6.5 Cosecha del cultivo

La cosecha del cultivo se realizó el 24 de julio del 2003, cuando el cultivo había cumplido los 13 meses de edad, el corte se realizó en verde (sin quemar), se excluyeron los mamonos y las puntas, se realizó el mismo corte de las plantaciones comerciales; es decir se hizo corte a la base del tallo y corte hasta el punto de quiebre. Es importante decir que el riego se suspendió un mes antes de la cosecha para detener primero el crecimiento y luego para propiciar la acumulación de carbohidratos y la conversión de azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa (Subirós, 1995).

3.7 Análisis estadístico

La base de datos fue almacenada y editada en hojas de cálculo de Microsoft Excel-Xp y los análisis estadísticos fueron realizados con los software SAS (versión 8.0) y SPSS (versión 9.0 student).

Se establecieron las unidades experimentales (caja), posteriormente se azarizaron los tratamientos. Los 11 tratamientos se distribuyeron en 4 grupos de cajas manejadas de manera uniforme, el modelo estadístico utilizado aisló las fuentes de variación de los grupos de caja y los tratamientos. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) sobre las variables de crecimiento y producción. A continuación se presenta el modelo aditivo lineal (M.A.L.) utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + ?_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

β_j = Efecto debido al j -ésimo bloque.

$?_{ij}$ = Efecto aleatorio de variación

El análisis estadístico de los datos se realizó al aplicar el ANDEVA a cada una de las variables del crecimiento y de producción con el fin de determinar la significancia estadística; es decir si las diferentes densidades de población de larvas de gallina ciega ejercen algún efecto sobre las variables del crecimiento y producción. Se determinó el criterio de comparación o diferencias mínimas significativas (DMS), con este procedimiento se agrupan los promedios en categorías estadísticas y se distinguen los resultados obtenidos. La significancia se logra de manera satisfactoria con el procedimiento de separación de medias, debido a que el ANDEVA no detecta diferencias tan pequeñas y la prueba DMS (t-student) si las detecta de forma satisfactoria, éste análisis sólo se realizó en las variables número de tallos móviles, rendimiento agrícola, rendimiento industrial y rendimiento agroindustrial.

Es muy importante determinar si existe correlación estadística y que tipo de relación hay entre la población de larvas de gallina ciega y el rendimiento agrícola con el objetivo de realizar una regresión que indique cual es el factor de pérdida que hace que el rendimiento se reduzca, al conocer el factor de pérdida (Fp) en la fórmula de regresión, se determinó el umbral económico de gallina ciega para el cultivo de caña de azúcar al sustituir los valores en la fórmula del umbral económico sugerida por el Dr. Francisco Badilla Fernández.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Significancia estadística en variables de crecimiento y producción

4.1.2 Diámetro del tallo

La tendencia del diámetro de una caña a lo largo del tallo puede considerarse de importancia práctica, especialmente en lo que se refiere al peligro de encamado (Dillewijn, 1973). El espesor gradualmente creciente en la sección basal indica una mayor resistencia a la inclinación en esta parte del tallo.

En total se realizaron 10 ANDEVA para la variable del crecimiento diámetro del tallo, los resultados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen de resultados de ANDEVA para la variable diámetro del tallo.

No.	Fechas de control	Pr>f Diámetro	C.V (%)
1	10 septiembre del 2002	0.2 N.S	10.55
2	10 octubre del 2002	0.8 N.S	7.06
3	10 noviembre del 2002	0.1 N.S	6.07
4	10 diciembre del 2002	0.1 N.S	5.91
5	10 enero del 2003	0.1 N.S	5.27
6	10 febrero del 2003	0.3 N.S	6.44
7	10 marzo del 2003	0.4 N.S	5.91
8	10 abril del 2003	0.7 N.S	6.42
9	10 mayo del 2003	0.7 N.S	6.04
10	10 junio del 2003	0.9 N.S	8.02

Clave: Pr>F= Probabilidad de que ocurra un evento; C.V (%)= Coeficiente de variación expresando en porcentaje; N.S= No existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento.

Los 10 ANDEVA realizados en base a los datos obtenidos en diferentes fechas, demostraron que el cultivo no fue afectado por las diferentes densidades de población de larvas en la variable diámetro del tallo, ya que no se encontró significancia estadística con un $\alpha = 0.05$ en ninguno de los 10 ANDEVA realizados. Esto se debe a que el diámetro es una característica inherente a la variedad, afirmado por Humbert

(1974), y menciona que la caña planta tiene tallos de diámetros más gruesos que las socas.

También Herrera y Jerez (1997), afirman que las condiciones de desarrollo adversas tienen un mayor impacto en la longitud de los entrenudos que en el diámetro de los tallos de caña, siendo este un carácter meramente varietal.

Según Dillewijn (1973), el diámetro y la longitud de tallos cambian ampliamente con las diferentes condiciones ambientales.

Se concluye que los diferentes niveles de infestación de gallina ciega no afectaron el diámetro de la variedad de caña de azúcar CP-70321.

4.1.3 Altura del tallo

El tallo de la caña de azúcar está compuesto por canutos. Cada canuto constituye una unidad separada, cuya longitud está determinada por factores internos y externos. Como componente del rendimiento agrícola, es una de las características más importantes, ya que al aumentar altura hay mayor espacio de almacenamiento de polisacáridos (Dillewijn, 1973).

En total se realizaron 10 ANDEVA para la variable del crecimiento altura del tallo, los resultados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resumen de resultados de ANDEVA para la variable altura del tallo.

No.	Fechas de control	Pr>f Altura	C.V (%)
1	10 septiembre del 2002	0.1 N.S	18.01
2	10 octubre del 2002	0.4 N.S	14.58
3	10 noviembre del 2002	0.1 N.S	11.13
4	10 diciembre del 2002	0.07 N.S	9.73
5	10 enero del 2003	0.05 *	7.57
6	10 febrero del 2003	0.08 N.S	8.56
7	10 marzo del 2003	0.04 *	7.10
8	10 abril del 2003	0.4 N.S	19.24
9	10 mayo del 2003	0.1 N.S	6.95
10	10 junio del 2003	0.1 N.S	6.60

Clave: Pr>F= Probabilidad de que ocurra un evento; C.V (%)= Coeficiente de variación expresando en porcentaje; N.S= No existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento.*= es significativo al 95% de confianza ($\alpha=0.05$).

Los 10 ANDEVA realizados en base a los datos obtenidos en diferentes fechas, demostraron que el cultivo fue afectado por las diferentes densidades de población de larvas en la variable altura del tallo, pero sólo se encontró significancia estadística con un $\alpha= 0.05$ en 2 de los 10 ANDEVA realizados (10 de enero del 2003 y 10 de marzo del 2003).

La altura es una característica de la planta que está determinada por factores internos y puede ser afectada por factores externos como la densidad poblacional de gallina ciega. También afectan factores climáticos como la humedad, la temperatura y el viento. Dillewijn (1973), menciona que períodos de sequía pueden perturbar la tendencia normal del alargamiento de los canutos. Los resultados obtenidos muestran que la altura varió por efecto del factor densidad poblacional de esta plaga y en los meses de enero a marzo hubo menor humedad relativa y mayor velocidad del viento que pudieron disminuir la elongación de los canutos.

4.1.4 Número de tallos molibles

Este carácter es de gran importancia, porque influye considerablemente en los rendimientos agrícolas de una variedad (Vara y Alcolea, 1983).

En el ANDEVA para la variable del crecimiento número de tallos molibles, los resultados se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. ANDEVA realizado a la variable número de tallos molibles.

F.V	S.C	G.L	C.M	F.C	Pr>F
Tratamiento	153.91	10	15.39	0.90	0.54 N.S
Bloque	36.98	3	12.33	0.72	0.55 N.S
Error	512.27	30	17.08		
Total	703.16	43	C.V% = 17.01	R ² = 0.65	

Clave: F.V= Fuentes de variación; S.C= Suma de cuadrados; G.L= Grados de libertad; C.M= Cuadrados medio; F.C= Fisher calculado; Pr>F= Probabilidad de que ocurra un evento; C.V (%)= Coeficiente de variación expresando en porcentaje; R²= Coeficiente de determinación; N.S= No existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento.

Los valores medios alcanzados demuestran que la variable del crecimiento número de tallos molibles no fue afectado por las diferentes densidades de población de larvas, ya que no se encontró significancia estadística con un $\alpha = 0.05$ en el ANDEVA. Al no encontrarse significancia se realizó el procedimiento de separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples t-student con un $\alpha = 0.05$. Con éste criterio de comparación se logró agrupar los datos en categorías estadísticas y los valores máximos, mínimos y la media fueron determinados, los que se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del número de tallos molibles.

Tratamiento	Larvas/m ²	Tallos/Caja
1 (testigo)	0	24 ab
2	4	27 a
3	8	24 ab
4	12	27 a
5	16	26 ab
6	20	26 ab
7	24	24 ab
8	28	23 ab
9	32	24 ab
10	36	21 b
11	40	22 ab

Clave: m²= metro cuadrado; medias de datos con la misma letra no difieren estadísticamente (t-student $\alpha=0.05$).

El tratamiento con 36 larvas/m². presentó el valor mínimo del número de tallos molibles obteniéndose 21 tallos por caja, el tratamiento con 12 larvas/m². presentó el valor máximo obteniéndose 27 tallos por caja y la media de los tratamientos fue de 24 tallos por caja.

Los resultados encontrados muestran que los tratamientos que estuvieron bajo densidades altas (hasta 40 larvas/m²) de gallina ciega, obtuvieron menor número de tallos molibles esto se debe a que la plaga insectil se alimenta vorazmente de las raíces del cultivo. Según King (1984), esta plaga se alimenta vorazmente entre los meses de agosto a septiembre.

4.1.5 Rendimiento agrícola

El rendimiento agrícola es el peso total de tallos cosechados, el cual se expresa en toneladas de caña por hectárea y esta en función directa de la cantidad de tallos presentes, la altura y el diámetro de estos (Herrera y Jerez, 1997).

En el ANDEVA para la variable de producción toneladas de caña ha⁻¹, los resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. ANDEVA realizado a la variable rendimiento agrícola (toneladas de caña ha⁻¹).

F.V	S.C	G.L	C.M	F.C	Pr>F
Tratamiento	12,181.11	10	1,218.11	1.85	0.09 N.S
Bloque	2,023.94	3	674.65	1.02	0.40 N.S
Error	19,779.96	30	659.33		
Total	33,985.01	43	C.V% = 19.52	R ² = 0.70	

Clave: F.V= Fuentes de variación; S.C= Suma de cuadrados; G.L= Grados de libertad; C.M= Cuadrados medio; F.C= Fisher calculado; Pr>F= Probabilidad de que ocurra un evento; C.V (%)= Coeficiente de variación expresando en porcentaje; R²= Coeficiente de determinación; N.S= No existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento.

Los valores medios alcanzados demuestran que el cultivo no fue afectado por las diferentes densidades de población de larvas para la variable de producción toneladas de caña ha⁻¹, ya que no se encontró significancia estadística con un $\alpha = 0.05$ en el ANDEVA.

Al no encontrarse significancia se realizó el procedimiento de separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples t-student con un $\alpha = 0.05$, ya que esta es una variable de mucha importancia para el productor de caña de azúcar. Con éste criterio de comparación se logró agrupar los datos en categorías estadísticas y los valores máximos, mínimos y la media fueron determinados, los que se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del rendimiento agrícola.

Tratamiento	Larvas/m ²	toneladas de caña ha ⁻¹
1 (testigo)	0	143.07 ab
2	4	151.90 ab
3	8	137.82 ab
4	12	154.98 a
5	16	128.65 abc
6	20	143.90 ab
7	24	133.32 abc
8	28	115.74 bc
9	32	124.74 abc
10	36	96.99 c
11	40	115.57 bc

Clave: m²= metro cuadrado; medias de datos con la misma letra no difieren estadísticamente (t-student $\alpha=0.05$)

Del procedimiento de separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples t-student con un $\alpha=0.05$ se obtuvieron los resultados siguientes: el tratamiento con 36 larvas/m.² presentó el valor mínimo del rendimiento agrícola obteniéndose 96.99 toneladas de caña ha⁻¹, el tratamiento con 12 larvas/m.² presentó el valor máximo del rendimiento agrícola obteniéndose 154.98 toneladas de caña ha⁻¹ y la media de los tratamientos fue de 131.52 toneladas de caña ha⁻¹. Esta claro que el ANDEVA es un análisis poco flexible que no permite encontrar ocasionalmente significancia estadística, se observó la flexibilidad para encontrar la significancia con la separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples (t-student); por consiguiente se encontró significancia estadística y quedó demostrado que diferentes densidades de población de larvas afectan el rendimiento agrícola, también es importante mencionar que después de realizar el análisis de correlación entre la variable independiente (población de larvas) y la variable dependiente (rendimiento agrícola) los valores encontrados, presentaron símbolo negativo, lo que significa que a medida que se aumenta la población de larvas se disminuye el rendimiento agrícola con 95% de confianza estadística. Al tener presente de que existe significancia y de que la población de larvas esta correlacionada con el rendimiento agrícola, es factible conocer cuanto se disminuye el rendimiento agrícola a medida que se aumenta la población de larvas; por estas razones se procedió a realizar el análisis de regresión para determinar el factor de pérdida y el modelo

matemático con el índice de ajuste de los datos más alto, los que se muestran en la figura 3.

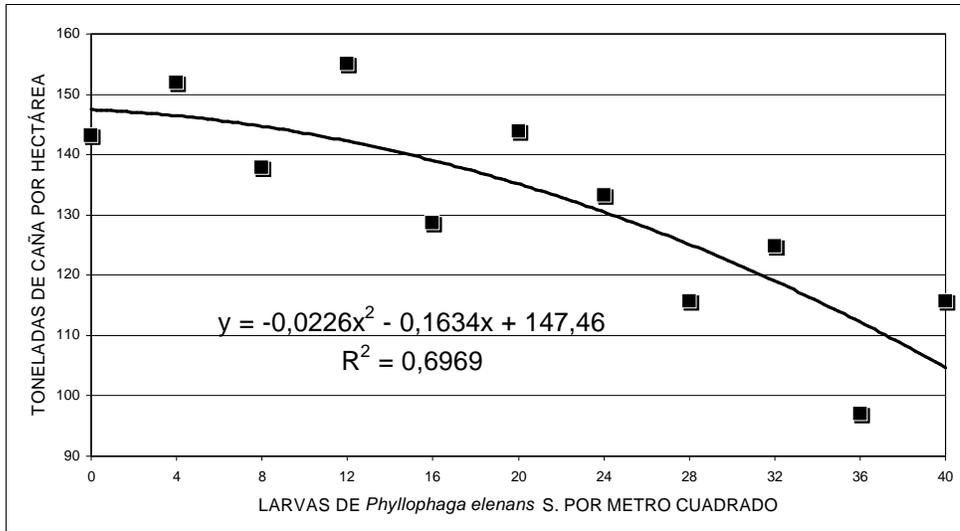


Figura 3. Regresión del rendimiento agrícola bajo diversas poblaciones de gallina ciega, en el I.S.A., Junio del 2002-Julio del 2003.

Claramente puede observarse el alto índice de ajuste de los datos porque los puntos casi se encuentran dentro de la curva de regresión del rendimiento agrícola con un $R^2 = 0.6969$, por consiguiente este modelo matemático y la curva son biológicamente aplicables a la realidad del comportamiento de organismos vivos. También puede apreciarse cierta tendencia de los datos que a medida que se aumenta la población de larvas se disminuye considerablemente el rendimiento agrícola.

4.1.6 Rendimiento industrial

Es el por ciento de azúcar obtenido por caña molida. Se considera que es aceptable el rendimiento industrial cuando presenta un por ciento entre 12 y 13; es excelente aquella variedad que sobrepasa el 13 por ciento (Vara y Alcolea, 1983).

En el ANDEVA para la variable de producción kilogramos de azúcar por toneladas de caña⁻¹, los resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. ANDEVA realizado a la variable rendimiento industrial (kilogramos de azúcar por tonelada de caña⁻¹)

F.V	S.C	G.L	C.M	F.C	Pr>F
Tratamiento	746.51	10	74.65	0.86	0.58 N.S
Bloque	118.44	3	39.48	0.45	0.72 N.S
Error	2,615.58	30	87.19		
Total	3,480.53	43	C.V% = 7.66	R ² = 0.16	

Clave: F.V= Fuentes de variación; S.C= Suma de cuadrados; G.L= Grados de libertad; C.M= Cuadrados medio; F.C= Fisher calculado; Pr>F= Probabilidad de que ocurra un evento; C.V (%)= Coeficiente de variación expresando en porcentaje; R²= Coeficiente de determinación; N.S= No existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento.

Los valores medios alcanzados demuestran que el cultivo no fue afectado por las diferentes densidades de población de larvas para la variable de producción kilogramos de azúcar por tonelada de caña⁻¹, ya que no se encontró significancia estadística con un $\alpha = 0.05$ en el ANDEVA.

Al no encontrarse significancia se realizó el procedimiento de separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples t-student con un $\alpha = 0.05$. Con éste criterio de comparación se logró agrupar los datos en categorías estadísticas y los valores máximos, mínimos y la media fueron determinados, los que se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del rendimiento industrial.

Tratamiento	Larvas/m ²	kg. Az./T.C
1 (testigo)	0	119.22 ab
2	4	123.30 ab
3	8	118.31 ab
4	12	127.10 ab
5	16	116.07 b
6	20	130.97 a
7	24	124.79 ab
8	28	120.30 ab
9	32	120.85 ab
10	36	121.57 ab
11	40	118.87 ab

Clave: m²= metro cuadrado; medias de datos con la misma letra no difieren estadísticamente (t-student $\alpha=0.05$); kg. Az./T.C= kilogramos de azúcar por toneladas de caña⁻¹

El tratamiento con 16 larvas/m.² presentó el valor mínimo del rendimiento industrial obteniéndose 116.07 kilogramos de azúcar por tonelada de caña⁻¹, el tratamiento con 20 larvas/m.² presentó el valor máximo del rendimiento industrial obteniéndose 130.97 kilogramos de azúcar por tonelada de caña⁻¹ y la media de los tratamientos fue de 121.94 kilogramos de azúcar por tonelada de caña⁻¹.

El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento industrial no es coincidente con el que obtuvo el mayor rendimiento agrícola y según Mendoza y Cardoza (1998), el rendimiento industrial está determinado por el grado de pureza del jugo, esto quiere decir que un alto rendimiento agrícola no necesariamente está asociado con un buen rendimiento industrial.

4.1.7 Rendimiento agroindustrial

Barbosa (1991), señala que el rendimiento agroindustrial, fue determinado en mayor grado por el rendimiento agrícola ya que el mayor rendimiento agroindustrial corresponde al mayor rendimiento agrícola y en relación al valor y costos.

En el ANDEVA para la variable de producción toneladas de azúcar ha⁻¹, los resultados se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. ANDEVA realizado a la variable rendimiento agroindustrial (toneladas de azúcar ha⁻¹)

F.V	S.C	G.L	C.M	F.C	Pr>F
Tratamiento	238.32	10	23.83	2.01	0.07 N.S
Bloque	31.93	3	10.64	0.90	0.45 N.S
Error	354.85	30	11.83		
Total	625.10	43	C.V% = 21.39	R ² = 0.56	

Clave: F.V= Fuentes de variación; S.C= Suma de cuadrados; G.L= Grados de libertad; C.M= Cuadrados medio; F.C= Fisher calculado; Pr>F= Probabilidad de que ocurra un evento; C.V (%)= Coeficiente de variación expresando en porcentaje; R²= Coeficiente de determinación; N.S= No existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento.

Los valores medios alcanzados demuestran que el cultivo no fue afectado por las diferentes densidades de población de larvas para la variable de producción toneladas de azúcar ha⁻¹, ya que no se encontró significancia estadística con un $\alpha = 0.05$ en el ANDEVA.

Al no encontrarse significancia se realizó el procedimiento de separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples (t-student) con un $\alpha = 0.05$. Con éste criterio de comparación se logró agrupar los datos en categorías estadísticas y los valores máximos, mínimos y la media fueron determinados, los que se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) del rendimiento agroindustrial.

Tratamiento	Larvas/m ²	TAH
1 (testigo)	0	16.95 ab
2	4	18.58 ab
3	8	16.49 abc
4	12	19.83 a
5	16	14.79 bc
6	20	18.82 ab
7	24	16.71 abc
8	28	13.97 bc
9	32	15.03 abc
10	36	11.80 c
11	40	13.87 bc

Clave: m²= metro cuadrado; medias de datos con la misma letra no difieren estadísticamente (t-student $\alpha=0.05$); TAH = toneladas de azúcar ha⁻¹

El tratamiento con 36 larvas/m.², presentó el valor mínimo del rendimiento agroindustrial obteniéndose 11.80 toneladas de azúcar ha⁻¹, el tratamiento con 12 larvas/m.² presentó el valor máximo del rendimiento agroindustrial obteniéndose 19.83 toneladas de azúcar ha⁻¹ y la media de los tratamientos fue de 16.08 toneladas de azúcar ha⁻¹.

Los resultados obtenidos en este estudio muestra que a mayor densidad poblacional de larvas hubo menor rendimiento agroindustrial. El tratamiento con 12 larvas/m.² obtuvo el mayor rendimiento agrícola y el mayor rendimiento agroindustrial, lo que confirma lo expresado por Barbosa (1991), que el rendimiento agroindustrial fue determinado por el rendimiento agrícola.

4.1.8 Análisis de correlación entre variables dependientes e independiente

Las variables de crecimiento y producción fueron sometidas a un análisis de correlación para investigar que tipo de correlaciones existen o si no existe correlación alguna entre la variable independiente y las dependientes y de existir correlación poder determinar posteriormente el modelo matemático a usar y calcular los factores de pérdida de la fórmula de regresión. La variable independiente fue población de larvas de gallina ciega definida en el tratamiento y las variables dependientes fueron el diámetro del tallo, la

altura del tallo, el número de tallos molibles, el rendimiento agrícola, el rendimiento industrial y el rendimiento agroindustrial, se muestran a continuación los resultados de las correlaciones en el cuadro 13.

Cuadro 13. Correlación Pearson entre todas las variables en estudio del experimento.

Larvas	Diámetro	Altura	Tallos molibles	Rendimiento agrícola	Rendimiento industrial	Rendimiento agroindustrial
1.000	-0.629 *	-0.727 *	-0.676 *	-0.812 *	-0.041	-0.700 *
Larvas	Larvas	Larvas	Larvas	Larvas	Larvas	Larvas

Clave: *= es significativo al 95% de confianza (a=0.05); **= es altamente significativo al 99% de confianza (a=0.01); -=relación del tipo inversamente proporcional.

Los valores del cuadro de correlaciones demuestran que a medida que se aumenta la población de larvas disminuye el crecimiento y el rendimiento del cultivo, lo que esta bien demostrado en el cuadro ya que en todas la variables se obtuvieron símbolos negativos, lo que significa de que existe correlación del tipo inversamente proporcional por que al aumentar la densidad de población de larvas las variables del crecimiento y producción disminuyen.

El análisis de correlación sólo permite conocer el tipo de relación entre cada una de las variables dependientes y la variable independiente; es decir, si la relación es del tipo directamente proporcional, relación inversamente proporcional o si no existe relación alguna. Para poder cuantificar cuanto disminuyen las variables dependientes: diámetro del tallo, altura del tallo, población de tallos molibles, rendimiento agrícola, rendimiento industrial y rendimiento agroindustrial a medida que se aumentan las larvas es otro trabajo fuera de los objetivos propuestos en la tesis de determinación del umbral económico, pero para el cálculo del umbral económico es exactamente lo que se realizó, se cuantificó el factor de pérdida en la fórmula de regresión del rendimiento agrícola.

4.1.9 Determinación del umbral económico de gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar.

Primero se seleccionó el modelo matemático con el índice de ajuste de los datos más alto, después se observó si el modelo muestra en la curva del gráfico tendencias o comportamientos que sean biológicamente aplicables. Se obtuvo el mejor ajuste de los datos en éste experimento con el modelo cuadrático y el coeficiente de regresión (R^2) obtenido fue de 0.70. Por consiguiente la fórmula de regresión cuadrática del rendimiento agrícola fue la que se utilizó para calcular el factor de pérdida (Fp) al sustituir los valores de 1 larva en las letras X de la fórmula. Al tener determinado el factor de pérdida sólo se sustituyeron los valores en la fórmula del umbral económico sugerida por el Dr. Francisco Badilla, la cual, consiste en la introducción en la fórmula del umbral económico los valores del factor de pérdida, el precio de la tonelada de caña pagada al productor y el costo de control para una hectárea. El costo de control de la plaga gallina ciega depende en gran medida del número de aplicaciones, generalmente se realizan de 3 a 4 aplicaciones por hectárea, el costo individual de la aplicación es de US\$ 4.27 por hectárea en el I.S.A. y utilizando *Metarrhizium anisopliae* en el control, el valor de la tonelada de caña pagada por el I.S.A. al productor o colono es de US\$ 12.00 la tonelada y la tasa de cambio de la moneda fue de 16.25 córdobas por 1 dólar norteamericano.

La fórmula de regresión fue utilizada para determinar el factor de pérdida, la que se muestra a continuación: $Y = -0.0226X^2 - 0.1634X + 147.46$ (regresión del rendimiento agrícola), en donde de esta parte: $-0.0226X^2 - 0.1634X$, se deduce el factor de pérdida y de la otra parte: 147.46, es el rendimiento esperado en ausencia de la plaga. Por consiguiente se logró determinar el factor de pérdida al sustituir en la fórmula de regresión los valores en las letras X, asignándole el valor de 1 larva en X, entonces se obtuvo el valor de 0.186 como factor de pérdida (Fp). El costo de control se determinó al multiplicar el valor individual de la aplicación de *Metarrhizium anisopliae* US\$ 4.27 por hectárea multiplicado por el número de aplicaciones, en este caso se asumió realizar 4 aplicaciones, resultando por lo tanto un costo de control de US\$ 17.08 por hectárea (Cc). Con el factor de pérdida determinado, el costo de control y el valor de la tonelada de caña paga al productor determinado, ya es posible el cálculo del umbral económico, solo hace falta sustituir estos valores en la fórmula siguiente:

$$UE = \frac{Cc}{Fp * VTc}$$

En donde:

UE = umbral económico

Cc = costo de control por hectárea

Fp = factor de pérdida

VTc = valor de tonelada de caña (US\$), pagado al productor (colono)

Ahora sustituimos los valores en la fórmula del umbral económico y obtendremos el resultado siguiente.

$$UE = \frac{US\$ 17.08}{0.186 * US\$ 12.00}$$

$$UE = \frac{US\$ 17.08}{2.23}$$

$$2.23$$

$$UE = 7.66 \text{ larvas/metro cuadrado}$$

Por consiguiente de encontrar en el muestreo una población de gallina ciega de 7.66 larvas/m.², ya es este el momento preciso para controlarla. Cabe destacar que en la actualidad para las condiciones del I.S.A., se invierten pocos recursos por concepto de control químico de plagas del suelo, este control se efectúa en lotes que presentan poblaciones de 15 larvas/m.²; éste es el nivel que se utiliza actualmente como criterio de control en el I.S.A. (Lacayo, 2005, Comunicación personal). Y como resultado de este trabajo investigativo se obtuvo el umbral económico de la plaga gallina ciega de 7.66 larvas/m.² y anteriormente el umbral económico era de 15 larvas/m.² quiere decir que por diferencia se obtuvieron 7.34 larvas/m.² menos, esto implicaría que después de realizar muestreos de los lotes para conocer las poblaciones de larvas, resultaría más lotes infestados los que deberán se controlados por causa de un umbral muy bajo o poco flexible, el cual, causaría un efecto directo en el incremento de los costos de producción. Por tal razón este umbral todavía esta evaluándose su factibilidad de utilización en los lotes comerciales pero se lograron los objetivos didácticos del trabajo investigativo de tesis.

V. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en este trabajo se constituyen como una herramienta de vital importancia en el Ingenio San Antonio para el manejo técnico de gallina ciega, así como también tiene un enorme impacto económico al ahorrarse una gran cantidad de recursos usados por debajo del valor encontrado.
2. El umbral económico para las condiciones en las que se realizó el experimento en el Ingenio San Antonio resultó ser de 7.66 larvas de gallina ciega por metro cuadrado.
3. El daño que ocasionan las larvas de gallina ciega al cultivo de caña de azúcar, incide directamente en la altura del tallo del cultivo, al observarse que en 2 de los 10 ANDEVA realizados, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las medias de tratamiento.
4. En todas las variables de crecimiento y producción al realizarse la separación de medias a través de la DMS (t-student con $\alpha=0.05$) se encontró significancia estadística por ser este un método más sensible con el que ocasionalmente se encuentran diferencias ó el efecto del tratamiento sobre la variable en estudio.

VI. RECOMENDACIONES

1. Con base a los resultados obtenidos se recomienda efectuar las medidas de control cuando se tenga un nivel de población de 7.66 larvas de gallina ciega por metro cuadrado.
2. Se recomienda recalcular el umbral económico cuando se efectúen cambios en los costos de control y precio de venta de la tonelada de caña en la cosecha, así como por el cambio del uso de otro tipo de control.
3. Considerar el umbral económico en un muestreo previo a la siembra de caña de azúcar como una alternativa para la implementación de métodos de control más eficientes y amigables con el medio ambiente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, K.; Quezada, J. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: estado actual y futuro. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 618 p.
- Argüello, P. y T Berrios. 1998. Efecto de diferentes dosis de NPK en el rendimiento agroindustrial en caña planta de la variedad L68-40 (*Saccharum sp.*), sobre suelos vertisoles. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 67 pp.
- Barbosa, G. F. 1991. Comportamiento agroindustrial de 25 variedades de caña de azúcar (*Saccharum sp.* Hibrido) en comparación con la variedad L 68-90. Caña planta. DGTA-MAG. 19 pp.
- Carrillo, E. 1996. Evaluación de tácticas de control; racionalización de insecticidas para el control de plagas del suelo. Santa Lucía Cotzumalguapa. Guatemala, CENGICAÑA. p 12.
- Dillewijn, C. V. 1973. Botánica de la caña de azúcar. 3era. edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. p79-336.
- MAG. Evaluación Final del Ciclo Agrícola 1995/96.
- French, B. 1989. Método de análisis económico para su aplicación en el manejo integrado de plagas. Manejo integrado de plagas. (C.R) / no. 36: 17-23
- FONAIAP 1981. Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar. Edición CENIAP-Maracay Divulga N° 20. Venezuela. sp.
- Fauconnier, R. y D Bassereau. 1980. La caña de azúcar. 1era. Ed. Científico-Técnico. La Habana, Cuba. 225 pp.
- Hruska, A.; Rosset, P. 1987. Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. Manejo integrado de plagas. (C.R) / no. 36: 17-23
- Humbert, R. P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. 1era Ed. Compañía Editorial Continental. Buenos Aires, México. 719 pp.

- Herrera ,G. L. y M. J Jerez. 1997. Rendimiento agroindustrial de la variedad L 68-48 (*Saccharum sp.*), en respuesta a las aplicaciones de N, P y K, cultivada en un suelo negro en caña planta. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 pp.
- King, A.B. 1984. Biology and identification of white grubs (*Phyllophaga*) of economic importance in Central American tropical pest. Management 30:36-50.
- Lacayo, R. 2005. Jefe sub-proceso de control de plagas del Ingenio San Antonio. Chichigalpa, Nicaragua. Entrevista personal.
- Mendoza, A. H. y M. L. Cardoza. 1998. Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar, variedad L68-40 (*Saccharum sp.*), en respuesta a las aplicaciones de N, P y K, cultivadas en suelo negro. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 69 pp.
- Rodríguez, A.; Sáenz, C.; Salazar, J.; Alfaro, D.; Oviedo, R. 1999. Manejo integrado y perspectivas de control de jobotos en el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica. In XIII congreso de Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI) “Randall Mora”. San José, C. R. p.79.
- Subirós, R. F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. Ed. Editorial Universidad Estatal A Distancia (EUNED). San José, C. R. p.224.
- Subirós, R. F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. Ed. Editorial Universidad Estatal A Distancia (EUNED). San José, C. R. p.226.
- Tejeda, V. 1993. Evaluación de cuatro unidades de muestra, para estimar densidades de plagas del suelo en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Siquinalá, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. p 89.
- Urzua, C. 1994. Diagnostico de plagas del suelo, finca El Bálsamo, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. Diagnostico-EP SA. USAC. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 32 p.
- Vara, F.; Alcolea, R. 1983. Agrotecnia de la caña. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. Pp 11-39.

Vega, J. 1996. Evaluación sobre la efectividad del control químico de gallina ciega en el cultivo de caña de azúcar. Proceso investigación agrícola. Ingenio San Antonio. Chichigalpa, Nicaragua.

Vega, J. 2005. Jefe del proceso de investigación agrícola del Ingenio San Antonio. Chichigalpa, Nicaragua. Entrevista personal.

WWW-ni.laprensa.com.ni/archivo/2004/junio/16/economía/economía-2004061603.html

VIII. ANEXOS



Foto 1. Larvas de la plaga subterránea gallina ciega (*Phyllophaga eleanans* S.) del cultivo de caña de azúcar, en el tercer estadio larval, presentando la característica forma de "C".



Foto 2. Muestra de la unidad experimental, construida de madera.



Foto 3. Muestra la distribución de los tratamientos ubicados al azar en cuarenta y cuatro cajas de madera respectivamente enumeradas.



Foto 4. Muestra del proceso de recolección de larvas realizado por los empleados del Ingenio San Antonio.



Foto 5. Muestra los baldes utilizados para la recolección, alimentación y almacenamiento de las larvas antes de ser inoculadas en sus respectivas cajas.



Foto 6. Proceso de clasificación de larvas a través de la observación de la palidia por medio del estereoscopio.



Foto 7. Colocación de cintas de plástico distintivas para diferenciar tallos que serán medidos.



Foto 8. Proceso de inoculación de los tratamientos en sus respectivas densidades poblacionales y unidades experimentales.



Foto 9. Medición de la variable diámetro del tallo, tomando la información a partir de la base del tallo.



Foto 10. Medición de la variable altura del tallo, tomando la información a partir de la base del tallo hasta la última lígula visible.



Foto 11. Pesaje de tallos molibles utilizando balanza digital.

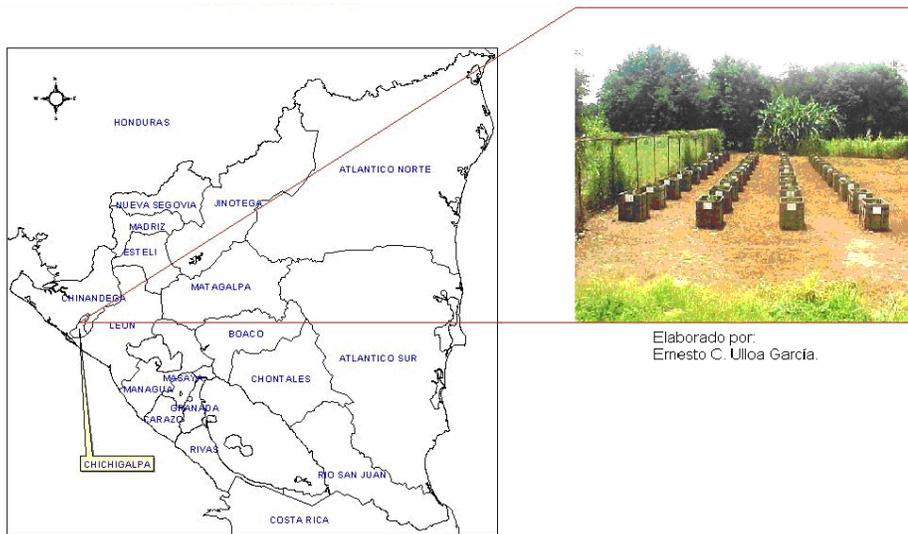


Figura 1. Localización del experimento, georeferenciado en las coordenadas geográficas 12°32'03'' latitud norte y 87°02'54'' longitud oeste.

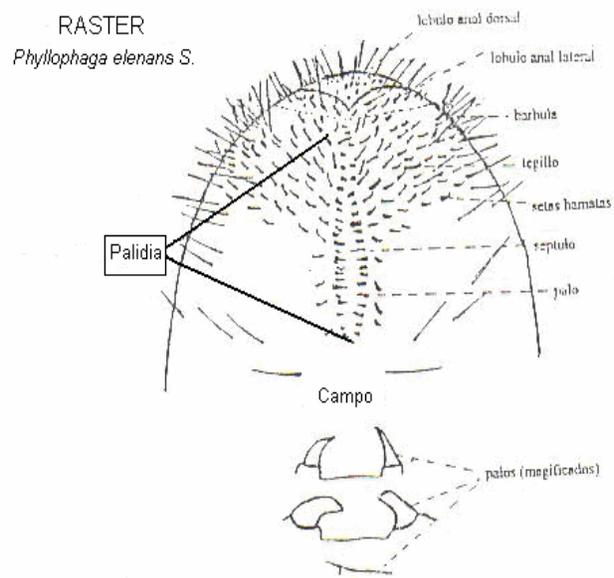


Figura 2. Muestra del último segmento de la plaga gallina ciega (*Phyllophaga eleanans* S.), conocido como raster en donde claramente se observa la palidia.