

Uso del ácido piroleñoso como una alternativa para el manejo del cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el cultivo de maíz (*Zea mays*) con dos mecanismos de control
Use of pyroligneous acid as an alternative for the management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in the cultivation of corn (*Zea mays*) with two control mechanisms

Ing. Lissethe Katherine Moreno Solís. Mgs., Ing. Fanny Del Carmen Ullon Chiriguaya. Mgs.,
Ing. Victor Hugo Rivera Pizarro. Mgs., Ing. Esther Rosario Martínez Peralta. Mgs.

**CONFLUENCIA DE
INNOVACIONES CIENTÍFICAS**
Enero - junio, V°5-N°1; 2024

- ✓ **Recibido:** 29/05/2024
- ✓ **Aceptado:** 13/06/2024
- ✓ **Publicado:** 30/06/2024

PAIS

- Ecuador

INSTITUCIÓN:

- Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia

CORREO:

- ✉ lissethemoreno@itscv.edu.ec
- ✉ fannyullon@itscv.edu.ec
- ✉ victorriviera@itscv.edu.ec
- ✉ esthermartinez@itscv.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0000-4765-8887>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-7263-4446>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-5054-3001>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0003-7312-512X>

FORMATO DE CITA APA

Moreno, L. Ullon, F. Rivera, V. Martínez, E. (2024). *Uso del ácido piroleñoso como una alternativa para el manejo del cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el cultivo de maíz (*Zea mays*) con dos mecanismos de control. Revista G-ner@ndo, V°5 (N°1), 997 – 1026.*

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso del ácido piroleñoso como una alternativa para el manejo del cogollero (*Spodoptera frugiperda*), en el cultivo de maíz (*Zea mays*) con dos mecanismos de control. El ensayo se realizó en el Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, utilizando como material de siembra el híbrido DK-7500. Para ello se evaluaron tres dosis de ácido piroleñoso: 2, 3 y 4 L ha-1, bajo dos métodos de aplicación: cebo y diluido, cuyas interacciones se compararon con dos testigos: químico (Pyrinex EC) y absoluto (sin aplicación de métodos de control). Los resultados obtenidos reflejaron que el nivel del daño causado por *S. frugiperda* fue menor al aplicarse el ácido piroleñoso de forma diluida, mientras que, en cuanto a las dosis de aplicación, se pudo apreciar que la dosis de 4 L ha-1 redujo notablemente el daño. Por otra parte, la eficacia para el control de *S. frugiperda* fue mayor en el método de aplicación diluido, siendo la dosis de 4 L ha-1, la más eficiente, cuya combinación alcanzó valores más cercanos a los registrados con Pyrinex 48 EC. Finalmente, entre los métodos de aplicación se destacó la disolución por presentar mayor rendimiento, mientras que, entre las dosis, la de 4 L ha-1 generó mayor rendimiento, y su respectiva sinergia presentó rendimiento mayor al registrado con el control químico.

Palabras clave: bioinsecticidas, control de insectos, gusano cogollero.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the use of pyroligneous acid as an alternative for the management of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), in the cultivation of corn (*Zea mays*) with two control mechanisms. The trial was carried out at the “La María” Campus of the Quevedo State Technical University, located at km 7.5 of the Quevedo – El Empalme road, using the DK-7500 hybrid as planting material. For this, three doses of pyroligneous acid were evaluated: 2, 3 and 4 L ha-1, under two application methods: bait and diluted, whose interactions were compared with two controls: chemical (Pyrinex EC) and absolute (without application of methods). of control). The results obtained showed that the level of damage caused by *S. frugiperda* was lower when the pyroligneous acid was applied in a diluted form, while, in terms of application doses, it was possible to see that the dose of 4 L ha-1 significantly reduced the damage. On the other hand, the efficacy for the control of *S. frugiperda* was higher in the diluted application method, being the dose of 4 L ha-1, the most efficient, whose combination reached values closer to those registered with Pyrinex 48 EC. Finally, among the application methods, dissolution stood out for presenting higher yield, while, among the doses, that of 4 L ha-1 generated higher yield, and their respective synergy presented higher yield than that registered with the chemical control.

Keywords: bioinsecticides, insect control, fall armyworm.

Introducción

El gusano cogollero (*S. frugiperda*) ataca seriamente a los cultivos no solo en el litoral ecuatoriano sino a nivel mundial, atribuyéndosele la causa de pérdidas más representativas en cuanto a fitófagos se refiere. La implementación de sistemas monocultivistas ha dado como resultado el surgimiento de varios problemas como en el caso de maíz, donde el ataque de plagas, entre las cuales *S. frugiperda* se ha constituido como uno de los más representativos dentro de la producción maicera, llegando a mermar significativamente la producción.

Por otra parte, el uso excesivo de insecticidas de origen sintético carente de asistencia técnica ha producido fuertes daños a la productividad de la agricultura, al ser humano y a la naturaleza. Es por ello, que se hace necesaria la exploración de métodos alternativos de manejo de poblaciones de insectos que disminuyan el impacto negativo del manejo convencional.

A nivel mundial la actividad agrícola es primordial para el ser humano y depende de la agricultura el desarrollo económico primario practicado desde tiempos preincaicos, utilizando recursos naturales como suelo y agua (Masaquiza-Moposita et al., 2017). Entre los cultivos de mayor interés económico tanto a nivel mundial como en Ecuador se tiene al maíz como un componente importante de la sustentabilidad económica de un considerable número de familias a nivel nacional (Zambrano & Andrade, 2021).

El maíz como todo cultivo se ve atacado por diferentes insectos plagas, y al no ser la excepción, los agricultores a través de diferentes prácticas buscan disminuir la incidencia de los mismos a fin de no comprometer porcentajes elevados de disminución de su producción y por ende baja de ingresos (Suárez-Chang, 2015), por lo cual se hace énfasis en la búsqueda de métodos de control que sean de bajo impacto ambiental y a la vez que no tengan acción residual en los alimentos (Massolo, 2015).

Entre los insectos más comunes en el cultivo se tiene al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el cual es la plaga más perjudicial para el maíz en Ecuador, así como también para otros países de la región Neotropical, ya que, en altos niveles de infestación, puede mermar la

producción en un 73% (Vélez et al., 2021). A fin de reducir los daños causados por el cogollero, se ha dependido intensivamente de los insecticidas, cuya efectividad ha sido baja en ocasión como consecuencia de una aplicación tardía al cultivo (Suárez-Chang, 2015). Además, esto ha producido contaminación ambiental, así como resistencia de las plagas, por lo que nace la necesidad de buscar otras formas de control del cogollero como alternativa al control químico (Ramírez-Cruz, 2021).

La crisis mundial con respecto a la contaminación y a la degradación del suelo crece a tasas alarmantes, sobre todo porque las soluciones a estos problemas tienen que ver con actividades antropogénicas que utilizan indiscriminadamente los recursos y generan una cantidad de residuos de todo tipo (Bouroncle et al., 2019). Los procesos térmicos a partir de la biomasa son motivo de investigación e implementación de sistemas en varios lugares del mundo científico, pero sobre todo es una necesidad del creciente desarrollo (Mu et al., 2003).

Ecuador cuenta con una gran cantidad de residuos de biomasa provenientes principalmente de procesos de industrias de alimentos, que están siendo aprovechadas principalmente en la generación alternativa de energía (Proaño-Larrea, 2021), sin embargo, las tecnologías que se aplican no son lo suficientemente eficientes para competir con las fuentes tradicionales, deteniendo el crecimiento de este tipo de incitativas, por consiguiente, aumentando la cantidad de residuos (Porras & González, 2016). La sustancia obtenida es un subproducto del pirólisis conocido como ácido piroleñoso (Ferrel et al., (2016), es generalmente marrón oscuro, viscoso y compuesto por una mezcla muy compleja de hidrocarburos oxigenados (Burbano-Salas, 2018). Es útil para el mejoramiento del suelo, la actividad de las semillas, la germinación y especialmente en la actividad biológica de los ataques de hongos y termitas (Viltres-Rodríguez & Alarcón-Zayas, 2022).

A las pérdidas en la producción debido al ataque de plagas, los productores han respondido con una alta inversión de recursos en el combate de éstas mediante aplicaciones calendarizadas de productos plaguicidas y fertilizantes para fortalecer al cultivo que, en conjunto

aproximadamente abarcan el 75% de los costos de producción en sistemas tecnificados o semitecnificados (Hidalgo-Dávila, 2017). Además, no garantizan el mantenimiento de las poblaciones de plagas por debajo de los niveles de daño, situación que en general hace poco sostenible al cultivo (Suárez-Chang, 2015).

Ante esto, las estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP), que toman en cuenta la bioecología de las plagas y las necesidades del cultivo ofrecen una alternativa viable en el mejoramiento del manejo fitosanitario y la reducción de los costos de producción y riesgos ambientales. Dentro de las alternativas de MIP encontramos a los bioplaguicidas, como el ácido pireneico o ácido de madera que presenta principios plaguicidas (Contreras & Hurtado, 2018). Esta es una técnica sencilla para el uso de los productores, que reduce los costos de mantenimientos, a la vez que no perjudica el ambiente ni la salud humana (Espín, 2020).

Método y materiales

La investigación se realizó en el campus “La María” en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, ubicada en el Kilómetro 7.5 de la vía Quevedo- El Empalme, ubicada a 01° 06' 24" de latitud Sur y 79° 29' 70" de longitud Oeste, a una altitud de 75 metros sobre el nivel del mar. El predio, según la serie meteorológica 2011 – 2020 de la EET Pichilingue del INIAP se encuentra en una zona climática tropical húmeda, su temperatura media anual es de 24.8 °C, precipitación media anual de 2252.0 mm; humedad relativa 84.0 %, y 894.0 horas luz por año.

Factores en estudio

Factor A: Mecanismos de aplicación

M1: Cebo

M2: Disuelto

Factor B: Dosis

D1: 4 L ha⁻¹

D2: 3 L ha⁻¹

D3: 2 L ha⁻¹

Tratamientos evaluados

T1: Cebo + 4 L ha⁻¹

T2: Cebo + 3 L ha⁻¹

T3: Cebo + 2 L ha⁻¹

T4: Disuelto + 4 L ha⁻¹

T5: Disuelto + 3 L ha⁻¹

T6: Disuelto + 2 L ha⁻¹

T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)

T8: Testigo Absoluto

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2x3+2, siendo el primer factor los métodos de aplicación, y el segundo factor las dosis de aplicación, cuyas interacciones se compararon con un testigo absoluto y un testigo químico. Se consideró como unidad experimental a cada subparcela de 3.2 m de largo por 4.0 m de ancho, en las cuales se establecieron 5 hileras de 16 plantas (80 plantas por subparcela). Los datos de las evaluaciones de las diferentes variables de respuesta, fueron sometidos al análisis de varianza (ADEVA), y se aplicó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad para la comparación de las medias de los factores y tratamientos. La tabulación de los datos se realizó en Excel 2019, mientras que, el procesamiento estadístico se efectuó en Infostat versión 2019 (Di Rienzo *et al.*, 2019).

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza (ANOVA) utilizado en el ensayo

Fuentes de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Factor A	1
Factor B	3
Interacciones (AxB)	3
Interacciones vs testigos	1
Error	13
Total	23

Manejo del experimento

Limpieza y preparación del terreno

Se utilizó un sistema de siembra cero labranzas con la finalidad de causar el menor impacto posible en el equilibrio del suelo. Previo a la instalación del proyecto de investigación se realizó la eliminación manual de todo tipo de malezas presentes en el sitio experimental, utilizando un machete. Posteriormente se procedió hacer surcos en las parcelas para ayudar al proceso de mineralización de nutrientes. Una vez preparada el área de investigación se procedió a delimitar las subparcelas para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones de acuerdo a las especificaciones del experimento. Además, se identificaron correctamente cada una de las subparcelas dentro del sitio experimental.

La siembra se efectuó en forma manual depositándola en los entre surcos dos semillas por sitio o golpe, con una distancia de 0.20 m entre plantas x 0.80 m entre hileras y 2.5 mm de profundidad, con una densidad poblacional de 62500 plantas ha⁻¹. Se utilizó como material genético el híbrido de maíz DK-7500. Por tratarse de un sistema de producción de bajo impacto ambiental, se realizaron controles de malezas de forma manual, los cuales estuvieron sujetos a la presencia de las éstas dentro de sitio experimental. Los restos de las malezas se dejaron dentro del cultivo a fin de constituir un acolchado que ayude a la retención de la humedad. La

obtención del aceite pirolítico se inició con la selección del proceso termoquímico pirolisis convencional que se ajusta con facilidad a las condiciones artesanales del reactor que hay en el proyecto de producción de abonos orgánicos en el Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

El equipo utilizado para la producción fue una cámara de combustión artesanal como se puede observar en el Anexo 4, campana de metal con medidas de 1.13 metro de altura, el diámetro de la campana de 46 cm (para capturar el humo), un tubo de aluminio de 9 metros de largo (para conducir el humo que posteriormente se condensa en ácido pirolítico), y un balde de 20 litros para la recolección de ácido. Se elaboró ácido piroleñoso utilizando como materia prima biomasa de tamo de arroz. Se procedió a colocar únicamente el tamo alrededor de la campana del reactor, tratando de cubrir la mayor parte posible de la campana. La biomasa se sometió al proceso de condensación simple, con temperaturas que oscilaron entre 300 y 600 °C, la misma que se mantuvo en dicho rango para obtener un procedimiento más uniforme y que el goteo del ácido pirolítico fue constante. El proceso de elaboración se inició realizando una fogata al interior del reactor. La condensación se inició aproximadamente a los 15 minutos después de haberse iniciado la fogata. La recolección del ácido piroleñoso se hizo en un balde plástico de 20 L. Una vez alcanzado un corto período de enfriamiento (aclimatación), el ácido fue almacenado en botellas plásticas de 500 ml.

La fertilización estuvo basada en el requerimiento nutricional de N-P-K reportado por Vivas *et al.* (2013) de 200 kg N, 150 kg P y 150 kg K por hectárea. Se realizó el análisis de suelo correspondiente para verificar la disponibilidad nutricional, y de acuerdo a aquello completar la cantidad necesaria de fertilizantes. La dosis de aplicación se fraccionó, el 40% a la primera aplicación y 30% en la segunda y para la tercera aplicación el 30%, efectuadas a los 15, 25, y 35 después de la siembra. Para fertilizar se hizo un agujero a aproximadamente 5 cm de la planta y

se colocó el fertilizante dentro, se cubrió con tierra. En la Tabla 3, se presenta la cantidad de fertilizantes edáficos aplicados:

Tabla 3. Descripción de la cantidad de cada uno de los fertilizantes aplicados

Fertilizantes	Cantidad aplicada	Aporte nutricional al suelo		
		N	P	K
DAP (18 – 46)	326.09	58.70	150.00	0.00
Urea (46 – 0 – 0)	307.18	141.30	0.00	0.00
Muriato de potasio (0 – 0 – 46)	250.00	0.00	0.00	150.00
Total		200.00	150.00	150.00

En la Tabla 4 se describe la cantidad de cada uno de los fertilizantes aplicados en las respectivas edades del cultivo en las que se aplicaron, así como la respectiva dosis por planta:

Tabla 4. Descripción de la dosis de fertilizante por cada aplicación en el cultivo

Fertilizantes edáficos	Edad de aplicación en el cultivo			Σ
	15 días	25 días	35 días	
Dosis por hectárea (kg)				
DAP (18 – 46)	130.43	97.83	97.83	326.09
Urea (46 – 0 – 0)	122.87	92.16	92.15	307.18
Muriato de potasio (0 – 0 – 46)	100.00	75.00	75.00	250.00
Dosis por planta (g)				
DAP (18 – 46)	2.09	1.57	1.57	5.22
Urea (46 – 0 – 0)	1.97	1.47	1.47	4.91
Muriato de potasio (0 – 0 – 46)	1.60	1.20	1.20	4.00

Para el control de insectos se utilizaron los respectivos tratamientos en estudio a excepción de aquellos a base de cebo (una sola aplicación a los 15 días) a los 15, 30 y 45 días,

fraccionando la dosis en 3 partes iguales. Conjuntamente se aplicaron los controles de enfermedades, se aplicó Trichoderma-4® distribuido por Fenecsa S.A. en dosis de 1.5 L ha⁻¹, el cual es un producto a base de *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. polysporum* y *T. viride* en concentración de 7.5 x 10¹¹ UFC mL⁻¹. Además, se aplicó en las frecuencias descritas, la fertilización foliar a base de Alga 600® en dosis de 1 kg ha⁻¹ en cada una de las aplicaciones.

El ácido piroleñoso se obtuvo del área de producción de abonos orgánicos del campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a partir de biomasa de tamo de arroz por existir un mayor acceso a la misma y su combustión es más rápida. Para el método de aplicación disuelto, se procedió a disolver la dosis de ácido piroleñoso de cada tratamiento en un equivalente a 20 L que es la capacidad de la bomba. Por otra parte, para el cebo, se procedió a colocar arena mezclada con cada dosis de tratamiento insecticida en la parte del cogollo de las plantas de maíz. La cosecha se realizó una vez que el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, y el grano de maíz presentó su aptitud para la comercialización. Para esta labor se realizó la recolección manual de las mazorcas, y se clasificaron de acuerdo a cada unidad experimental.

Variables evaluadas

Sobrevivencia (%)

El porcentaje de sobrevivencia se determinó a los 60 días después de la siembra, realizando un conteo de la cantidad de plantas vivas por cada subparcela, utilizando la fórmula descrita por Muñoz-Conforme *et al.* (2015):

$$PSP = NPV / NPS * 100$$

Dónde:

PSP: Porcentaje de sobrevivencia de plantas (%)

NPV: Número de plantas vivas

NPS: Número de plantas sembradas

Incidencia (%)

La incidencia de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz se estableció hallando el cociente entre el número de plantas con daños de este insecto y el total de plantas sembradas, multiplicando por 100 según el procedimiento descrito por Valverde *et al.* (2021):

$$I = \text{NPD} / \text{NPS} * 100$$

Dónde:

I: Incidencia del insecto (%)

NPD: Número de plantas con daños de *S. frugiperda*

NPS: Número de plantas sembradas

Nivel de daño por *S. frugiperda*

Para la evaluación del nivel de daño causado por *S. frugiperda* se aplicó la escala de Davis & Williams (1992) utilizada por Murúa *et al.* (2013), la cual se presenta en la Tabla 5:

Tabla 5. Descripción de la escala utilizada para evaluar el nivel de daño causado por *S. frugiperda* en el cultivo de maíz

Escala	Descripción
0	Sin evidencia de daños
1	Lesiones mínimas en las hojas del cogollo
2	Pequeños agujeros y lesiones circulares
3	Pequeñas lesiones circulares y pocas lesiones alargadas < 1.3 cm
4	Lesiones alargadas entre 1.3 y 2.5 cm en las hojas del cogollo y en hojas desplegadas
5	Lesiones alargadas > 2.5 cm y pocos orificios pequeños a medianos, uniformes a irregulares

- 6 Lesiones alargadas > 2.5 cm con pocos orificios grandes
 - 7 Muchas lesiones alargadas de todos los tamaños y varios orificios grandes
 - 8 Muchas lesiones alargadas de todos los tamaños y muchos orificios grandes
 - 9 Planta prácticamente destruida
-

Índice de severidad (%)

Con los datos provenientes de la evaluación del nivel de daño, se procedió a determinar el índice de severidad de la enfermedad de Mckinney (1923) descrito por Bock, Chiang, & Del Ponte (2022):

$$IS = (\sum nF \cdot g) / (N \cdot G) * 100$$

Dónde:

IS: Índice de severidad (%)

nF: Número de frutos por cada grado

g: Grado del daño

N: Total de frutos evaluados

G: Grado mayor de la escala

Eficacia (%)

Para la determinación de la eficacia de los insecticidas se tomó en consideración el nivel de daño presente en cada tratamiento, respecto al testigo, aplicando la fórmula de Abbott (1925) corregida, usada por Ramírez-Godoy, Puentes-Pérez, & Restrepo-Díaz (2018):

$$PEC = \frac{NDC - NDT}{NDC} * 100$$

Dónde:

PEC: Porcentaje de eficacia (%)

NDC= Nivel de daño en el tratamiento control

NDT: Nivel de daño en el tratamiento

Peso bruto de la mazorca (g)

Para la evaluación de esta variable se procedió a seleccionar aleatoriamente 10 mazorcas dentro de cada unidad experimental. Las mazorcas se pesaron en una balanza digital, y luego se promedió de acuerdo a cada tratamiento en estudio.

Peso neto de la mazorca (g)

En la evaluación de esta variable se extrajeron los granos de cada una de las 10 mazorcas utilizadas para evaluar la variable anterior. Luego se pesaron los granos en una balanza digital, para posteriormente establecer el promedio de acuerdo a cada uno de los tratamientos en estudio, y se expresó la magnitud en gramos.

Rendimiento (kg ha⁻¹)

El rendimiento por hectárea expresado en kilogramos se estableció considerando el rendimiento obtenido en el área útil de cada unidad experimental para luego proyectar a una hectárea utilizando regla de tres simple:

$$\text{kg ha}^{-1} = \text{Rendimiento por subparcela (kg)} * 10000 / \text{Área de la subparcela (m}^2\text{)}$$

Sobrevivencia (%)

En la Tabla 6, se presentan los promedios del porcentaje de sobrevivencia de plantas en el cultivo de maíz en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio. De acuerdo al análisis de varianza, los mecanismos de aplicación, dosis e interacciones y testigos presentaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 6.63%. Entre los mecanismos de aplicación, cuando se aplicó ácido piroleñoso disuelto al cultivo se registró mayor porcentaje de

sobrevivencia, con 91.00%, mostrando diferencia significativa respecto de la aplicación por medio de cebo, con el que se obtuvo una sobrevivencia del 90.00%.

En lo correspondiente a las dosis de aplicación de ácido piroleñoso, la dosis de 4 L ha⁻¹, presentó mayor sobrevivencia de plantas, con 91.53%, superando estadísticamente a las dos dosis restantes que registraron promedios de 90.48 y 89.49%, para 3 y 2 L ha⁻¹, respectivamente. La comparación entre las interacciones y testigos, se pudo apreciar que en T4: Disuelto + 4 L ha⁻¹, se pudo obtener mayor porcentaje de plantas vivas, con un promedio de 92.02%, mostrando diferencias significativas por encima de los valores registrados con los demás tratamientos, los mismos que oscilaron entre 56.01 y 91.05%. El menor porcentaje de sobrevivencia de plantas se registró en T8: Testigo Absoluto.

Tabla 6. Sobrevivencia de plantas en el cultivo de maíz en respuesta a tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos métodos de aplicación para el control de *S. frugiperda*

Tratamientos	Sobrevivencia (%)	
Mecanismos de aplicación		
M1: Cebo	90.00	b
M2: Disuelto	91.00	a
Dosis		
D1: 4 L ha ⁻¹	91.53	a
D2: 3 L ha ⁻¹	90.48	b
D3: 2 L ha ⁻¹	89.49	c
Interacciones y testigos		
T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	91.05	b
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	89.98	c
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	88.99	d
T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	92.02	a
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	90.99	b

T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	89.99	c
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	88.99	d
T8: Testigo Absoluto	56.01	e
Promedio	86.00	
Coefficiente de variación (%)	6.63	

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Incidencia (%)

Los promedios de la incidencia de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz como respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla 7. El análisis de varianza determinó que todas las fuentes de variación alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 5.91%. La comparación entre las dosis de aplicación de ácido piroleñoso reflejó la existencia de diferencias significativas entre las mismas, de manera D3: 2 L ha⁻¹ registró mayor incidencia del insecto en el cultivo. Por otra parte, entre las interacciones y testigos, se pudo apreciar mayor incidencia en T8: Testigo Absoluto, con 13.33%, superando estadísticamente a los demás tratamientos que presentaron promedios entre 3.75 y 8.33%. La menor incidencia se registró en T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC).

Tabla 7. Incidencia de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en respuesta a tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos mecanismos de aplicación

Tratamientos	Incidencia (%)	
Mecanismos de aplicación		
M1: Cebo	6.67	a
M2: Disuelto	5.97	b
Dosis		
D1: 4 L ha ⁻¹	4.79	c
D2: 3 L ha ⁻¹	6.04	b
D3: 2 L ha ⁻¹	8.13	a

Interacciones y testigos

T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	5.42	d
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	6.25	c
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	8.33	b
T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	4.17	d
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	5.83	c
T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	7.92	b
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	3.75	e
T8: Testigo Absoluto	13.33	a
Promedio	6.88	
Coefficiente de variación (%)	5.91	

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Nivel de daño por *S. frugiperda*

El nivel de daño promedio por *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en respuesta a los tratamientos en estudio se presenta en la Tabla 8. Con base al análisis de varianza se determinó que todas las fuentes de variación presentaron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 10.24%. Con el mecanismo de aplicación por medio de cebo se registró mayor nivel de daño, con un promedio de 5.89, mostrando diferencia significativa respecto a la aplicación disuelto. Para las dosis de aplicación, con 2 L ha⁻¹, se obtuvo mayor nivel de daño, con 5.50, superior estadísticamente a las dosis restantes. En las interacciones y testigos, reflejó que T8: Testigo Absoluto que registró mayor nivel de daño, con 7.67, superó estadísticamente a los demás tratamientos que presentaron valores entre 2.00 y 5.67 dentro de la escala de evaluación. En T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC) se presentó menor nivel de daño.

Tabla 8. Nivel de daño ocasionado por *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en respuesta a tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos métodos de aplicación

Tratamientos	Nivel de daño por <i>S. frugiperda</i>	
Mecanismos de aplicación		
M1: Cebo	5.89	a
M2: Disuelto	3.78	b
Dosis		
D1: 4 L ha ⁻¹	4.17	c
D2: 3 L ha ⁻¹	4.83	b
D3: 2 L ha ⁻¹	5.50	a
Interacciones y testigos		
T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	5.67	b
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	5.67	b
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	6.33	c
T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	2.67	e
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	4.00	d
T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	4.67	d
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	2.00	e
T8: Testigo Absoluto	7.67	a
Promedio	4.83	
Coefficiente de variación (%)	10.24	

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Índice de severidad (%)

Los promedios de la severidad del daño ocasionado por *S. frugiperda* en el cultivo de maíz como respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla 9. El análisis de varianza determinó que todas las fuentes de variación alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 19.84%. Se apreciaron diferencias significativas

entre los mecanismos de aplicación, teniéndose mayor índice de severidad en M1: Cebo, con 17.50%, y menor índice de severidad en M2: Disuelto, que registró un 10.50%.

La comparación entre las dosis de aplicación de ácido piroleñoso reflejó la existencia de diferencias significativas entre las mismas, de manera D3: 2 L ha⁻¹ registró mayor índice de severidad de daño en el cultivo. Por otra parte, entre las interacciones y testigos, se pudo apreciar mayor índice de severidad en T8: Testigo Absoluto, con 45.19%, superando estadísticamente a los demás tratamientos que presentaron promedios entre 3.52 y 23.33%. La menor incidencia se registró en T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC).

Tabla 9. Severidad del daño ocasionado por *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en respuesta a tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos métodos de aplicación

Tratamientos	Índice de severidad (%)
Mecanismos de aplicación	
M1: Cebo	17.50 a
M2: Disuelto	10.50 b
Dosis	
D1: 4 L ha ⁻¹	13.50 c
D2: 3 L ha ⁻¹	15.60 b
D3: 2 L ha ⁻¹	23.30
Interacciones y testigos	
T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	13.52 cd
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	15.56 bc
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	23.33 b
T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	4.81 de
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	10.19 cde
T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	16.48 bc
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	3.52 e

T8: Testigo Absoluto	45.19 a
Promedio	16.57
Coefficiente de variación (%)	19.84

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Eficacia (%)

En la Tabla 9, se presentan los promedios del porcentaje de eficacia de los tratamientos en estudio. El análisis de varianza estableció que las fuentes de variación alcanzaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 15.56%. Entre los mecanismos de aplicación, se destacó M2: Disuelto, con 54.38%, mostrando diferencia significativa por encima de M1: Cebo, que registró un promedio de 49.35%. Por otra parte, entre las dosis de aplicación, la dosis de 4 L ha⁻¹ produjo mayor eficacia, con 63.68%, superando estadísticamente a las dosis restantes, que presentaron valores de 54.08 y 37.84% para las dosis de 3 y 2 L ha⁻¹, respectivamente. Entre las interacciones y testigos, T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC) presentó mayor eficacia, con 72.39%, en igualdad estadística con los demás tratamientos que registraron valores entre 39.23 y 48.92%. La menor eficacia se obtuvo en T6: Disuelto + 2 L ha⁻¹.

Tabla 10. Eficacia para el control de *S. frugiperda* de tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos mecanismos de aplicación en el cultivo de maíz

Tratamientos	Eficacia (%)	
Mecanismos de aplicación		
M1: Cebo	49.35	b
M2: Disuelto	54.38	a
Dosis		
D1: 4 L ha ⁻¹	63.68	a
D2: 3 L ha ⁻¹	54.08	b

D3: 2 L ha ⁻¹	37.84	c
Interacciones y testigos		
T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	58.92	b
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	52.69	bc
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	36.45	d
T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	68.43	a
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	55.47	bc
T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	39.23	d
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	72.39	a
T8: Testigo Absoluto	–	e
Promedio	47.95	
Coefficiente de variación (%)	15.56	

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Peso bruto y neto de la mazorca (g)

El peso bruto y neto de la mazorca en respuesta a los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla 10. Para ambas variables, el análisis de varianza reflejó que las fuentes de variación alcanzaron alta significancia estadística. El coeficiente de variación para el peso bruto de la mazorca fue de 11.74%, mientras que para el peso neto de la mazorca este valor fue de 7.87%. En ambas variables, entre los mecanismos de aplicación se destacó M2: Disuelto por presentar mayores promedios, con 132.02 y 112.53 g de peso bruto y neto de la mazorca, respectivamente, superando estadísticamente al otro mecanismo de aplicación, que registró promedios de 113.68 y 95.63 g de peso, para las variables descritas.

En el peso bruto de la mazorca, al comparar las dosis de aplicación, con la aplicación de D1: 4 L ha⁻¹, se pudo apreciar mayor promedio, con 127.84 g, mostrando diferencias significativas por encima de los valores registrados por D2: 3 L ha⁻¹ y D3: 2 L ha⁻¹, que presentaron valores de 122.09 y 118.61 g, respectivamente. En lo que respecta al peso neto de la mazorca, se pudo

apreciar una tendencia similar al peso bruto, de manera que bajo la aplicación de D1: 4 L ha⁻¹, con la que se obtuvieron mazorcas con peso neto promedio de 108.35 g, superando estadísticamente a las dosis D2: 3 L ha⁻¹ y D3: 2 L ha⁻¹, con las que obtuvieron mazorcas, con peso promedio de 103.76 y 100.13 g, correspondientemente.

Para la comparación de las interacciones y testigos, en ambas variables de obtuvieron mayores valores con la aplicación de T4: Disuelto + 4 L ha⁻¹, con promedios de 140.03 y 119.54 g, de peso bruto y peso neto de la mazorca, en su orden. Este tratamiento, en las dos variables registró diferencias significativas por encima de los demás tratamientos que presentaron promedios que oscilaron entre 111.47 y 130.98 g de peso bruto, y de 92.52 a 111.77 g de peso neto de la mazorca. En ambas variables, se pudo identificar que los promedios más bajos correspondieron a la aplicación de T3: Cebo + 2 L ha⁻¹.

Tabla 11. Peso bruto y neto de la mazorca en el cultivo de maíz en respuesta a tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos métodos de aplicación para el control de *S. frugiperda*

Tratamientos	Peso bruto de la mazorca		Peso neto de la mazorca	
	(g)		(g)	
Mecanismos de aplicación				
M1: Cebo	113.68	b	95.63	b
M2: Disuelto	132.02	a	112.53	a
Dosis				
D1: 4 L ha ⁻¹	127.84	a	108.35	a
D2: 3 L ha ⁻¹	122.09	b	103.76	b
D3: 2 L ha ⁻¹	118.61	c	100.13	c
Interacciones y testigos				
T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	115.65	d	97.16	c
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	113.91	d	97.20	c
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	111.47	d	92.52	c

T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	140.03	a	119.54	a
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	130.28	b	110.32	b
T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	125.75	c	107.74	b
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	130.98	b	111.77	b
T8: Testigo Absoluto	112.17	d	93.80	c
Promedio	122.53		103.76	
Coefficiente de variación (%)	11.74		7.87	

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Rendimiento (kg ha⁻¹)

En la Tabla 11 se presentan los promedios del rendimiento por hectárea en el cultivo de maíz en respuesta a la aplicación de los tratamientos en estudio. De acuerdo al análisis de varianza, los mecanismos de aplicación, dosis e interacciones y testigos presentaron alta significancia estadística, con un coeficiente de variación de 4.16%. Entre los mecanismos de aplicación, cuando se aplicó ácido piroleñoso de manera disuelta al cultivo se registró mayor rendimiento, con 6402.78 kg ha⁻¹, mostrando diferencia significativa respecto de la aplicación por medio de cebo, con el que se obtuvo un rendimiento de 5380.21 kg ha⁻¹. En lo correspondiente a las dosis de aplicación de ácido piroleñoso, la dosis de 4 L ha⁻¹, presentó mayor rendimiento, con 6201.82 kg ha⁻¹, superando estadísticamente a las dos dosis restantes que registraron promedios de 5869.79 y 5602.87 kg ha⁻¹, para D2: 3 L ha⁻¹ y D3: 2 L ha⁻¹, respectivamente.

La comparación entre las interacciones y testigos, se pudo apreciar que en T4: Disuelto + 4 L ha⁻¹, se pudo obtener mayor nivel de rendimiento, con un promedio de 6875.00 kg ha⁻¹, mostrando diferencias significativas por encima de los valores registrados con los demás tratamientos, los mismos que oscilaron entre 3283.86 y 6273.44 kg ha⁻¹. El menor rendimiento se registró en T8: Testigo Absoluto.

Tabla 12. Rendimiento del cultivo de maíz en respuesta a tres dosis de ácido piroleñoso bajo dos métodos de aplicación para el control de *S. frugiperda*

Tratamientos	Rendimiento (kg ha⁻¹)	
Mecanismos de aplicación		
M1: Cebo	5380.21	b
M2: Disuelto	6402.78	a
Dosis		
D1: 4 L ha ⁻¹	6201.82	a
D2: 3 L ha ⁻¹	5869.79	b
D3: 2 L ha ⁻¹	5602.87	c
Interacciones y testigos		
T1: Cebo + 4 L ha ⁻¹	5528.65	b
T2: Cebo + 3 L ha ⁻¹	5466.15	c
T3: Cebo + 2 L ha ⁻¹	5145.83	c
T4: Disuelto + 4 L ha ⁻¹	6875.00	a
T5: Disuelto + 3 L ha ⁻¹	6273.44	b
T6: Disuelto + 2 L ha ⁻¹	6059.90	b
T7: Testigo Químico (Pyrinex48 EC)	6216.15	b
T8: Testigo Absoluto	3283.86	d
Promedio	5606.12	
Coficiente de variación (%)	4.16	

Promedios con la misma letra en cada grupo de datos, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$)

Discusión

La agricultura es considerada una de las actividades que deja mayor cantidad de residuos orgánicos, entre los cuales se incluyen diferentes tipos de biomasas que puede ser aprovechados para la elaboración de insumos derivados que pueden usarse con distintos fines en los cultivos (Masaquiza-Moposita *et al.*, 2017). El ácido piroleñoso ha sido considerado como una alternativa que promete varios beneficios tanto fitosanitarios como fertilizantes en varios cultivos de interés económico (Baidal, 2021). Es por ello que la presente investigación reporta resultados relevantes en cuanto a la aplicación de diferentes dosis de este compuesto, tomando en cuenta, además, dos mecanismos de aplicación que se utilizan tradicionalmente en el cultivo de maíz, como es el caso del cebo a través de la aplicación de arena en los cogollos y la disolución de compuestos insecticidas, enfocados en el control del gusano cogollero en maíz.

La aplicación del ácido piroleñoso a través de su disolución en agua, muestra resultados que fundamentan su utilización bajo este mecanismo, puesto que desde la sobrevivencia de plantas registró un mayor porcentaje, lo que se puede atribuir a que el ácido piroleñoso tiene varias funciones, entre las que se tiene bioestimulante y mejorador del suelo, así como la capacidad biocida debido a la presencia de metanol y fenoles en su composición (Catacora-Pinazo *et al.*, 2019) y biofertilizante (Céspedes-Prieto *et al.*, 2021), de manera que el cultivo exhibe mejores características de resistencia a las características del medio (Hidalgo-Dávila, 2017). Estos resultados difieren de los obtenidos por Moreno-Macías (2011), que al aplicar tanto Clorpirifos como Ciromazina a través de cebo en el cultivo de maíz, obtuvo mayor porcentaje de sobrevivencia de plantas. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la naturaleza de los compuestos utilizados como insecticidas, que, en este caso al ser un producto orgánicos, que de acuerdo a Burbano-Saldas (2018), presenta menor residualidad en comparación con los mencionados ingredientes activos.

El beneficio del ácido piroleñoso para el control de poblaciones de *S. frugiperda* puede atribuirse a que en su composición química el ácido piroleñoso contiene: fenol, cresol, ácido acético, formaldehído, alcoholes, metanol y otros compuestos orgánicos que actúan como repelentes por su olor a humo. Algunas plagas le disgustan el olor al humo, por eso puede ayudar en la reducción de los impactos negativos de los insectos plaga (Castillo & Vargas, 2014).

En consecuencia, con lo anterior, se logró determinar que cuando se aplicó al ácido piroleñoso disuelto, también influyó notablemente en la incidencia de *S. frugiperda*, lo que permite especular que, al haber menor incidencia bajo este mecanismo, también se apreció menor nivel y severidad del daño (Barcia & Triviño, 2019). Adicionalmente, se logró realizar un control más eficiente del insecto en estudio, lo que, a su vez, al tener menor impacto de *S. frugiperda* en el cultivo, influyó en la obtención de mazorcas de mayor peso, que aportó a un mayor rendimiento por hectárea, que en este estudio fue de un 19.01% por encima del rendimiento reportado con la aplicación del ácido piroleñoso por medio de cebo. Según Quispe (2019), esto podría ser un efecto de una mayor capacidad de absorción del ácido piroleñoso al ser aplicado de forma foliar en disolución al cultivo, lo que genera que se potencie la nutrición del cultivo.

La necesidad de reducir las emisiones de productos químicos como mecanismo de control de plagas genera la búsqueda de alternativas de control eficientes que permitan reducir la contaminación ocasionada por la residualidad de químicos en los frutos por las aplicaciones excesivas de químicos (Estrella, 2019). El ácido piroleñoso es beneficioso para la agricultura y se ha utilizado como insecticida, fertilizante, mejorador del suelo, complemento alimenticio para animales y fuente de sabor a humo para alimentos (Zheng *et al.*, 2020). Sin embargo, resultados de diferentes estudios concuerdan en que la regulación de la dosis de aplicación de insecticidas tanto químicos como orgánicos condiciona la efectividad en la obtención de resultados (Hidalgo-Dávila, 2017; Vera, 2018; Bai *et al.*, 2020; Viltres-Rodríguez & Alarcón-Zayas, 2022).

En el presente estudio se pudieron constatar mejores resultados a aplicarse la dosis más alta de ácido piroleñoso en estudio, misma que ascendió a 4 L ha^{-1} . De esta manera de manera que se pudo obtener una mayor densidad poblacional viva de plantas al final del ensayo. Esto posibilitó un mayor aprovechamiento del grano al tenerse que plantas bajo esta dosis de aplicación, exhibieron menor incidencia, nivel y severidad del daño ocasionado por *S. frugiperda*. Lo anterior, en sinergia con la producción de mazorcas de más peso, aportaron a un mayor rendimiento por hectárea. Estos resultados se asemejan a los registrados por Coveña (2015), que, mediante la aplicación de dosis más altas de ácido piroleñoso obtenido de roble rojo, logró mejores resultados en la producción de maíz INIAP H-601, lo que concuerda también con los valores reportados por Suárez-Chang (2015), que bajo condiciones controladas al usar 125 cc de ácido piroleñoso por cada litro de agua logró una mortalidad del 80% en larvas de *S. frugiperda* al cabo de 5 días de evaluación. Con esto se fundamenta lo sostenido por Sánchez-Jara *et al.* (2019), quienes mencionan que la racionalización de dosis de aplicación de plaguicidas ayudará a una actividad agrícola de mayor respecto con el medio ambiente, ya que dosis excesivas traen consigo efectos adversos como fitotoxicidad, quemazones en partes de las plantas (Espín, 2020) o aplicaciones ineficientes que solo aumentan los costos de producción (Guerrero, 2018).

En lo correspondiente a la comparación entre las interacciones y los respectivos testigos, se constató que la aplicación del ácido piroleñoso diluido en agua en una dosis de 4 L ha^{-1} , reflejó mejores resultados en cuanto a la sobrevivencia de plantas en el ensayo, lo que es un efecto de un mejor estado nutricional del cultivo en este tratamiento, ya que el ácido piroleñoso actúa como una fuente de nutrición al cultivo, lo que provee mayor resistencia a ataque de patógenos (Contreras & Hurtado, 2018). Esto a su vez incidió en una menor incidencia, nivel y severidad del daño ocasionado por *S. frugiperda*, por lo que se puede puntualizar que, con el ácido piroleñoso

bajo la dosis descrita, es posible tener dos efectos diferenciados, por un lado, el control de enfermedades y por otro la nutrición orgánica del cultivo.

Por otra parte, en todas las interacciones que incluyeron la aplicación por medio de cebo, fueron relativamente inferiores a los valores evidenciados con la aplicación disuelta. Además, el ácido piroleñoso al ser aplicado foliarmente puede generar una acción más directa en la incidencia de insectos, ya que, al aplicarse a través de cebo, debido a su baja residualidad es menos efectivo (Fajardo, Soto, & Kogson, 2013), puesto que con este mecanismo se necesita que el insecticida sea residual y con acción prologada para repelar las larvas de *S. frugiperda* (Suárez-Chang, 2015). Con lo evidenciado en esta variable se fundamenta lo sostenido por Battu, Horita, & Kliewe (2018), quien sostiene que el ácido piroleñoso aplicado bajo una dosificación idónea la cual depende del cultivo, puede influenciar la activación del sistema inmunológico de las plantas y las hace más tolerantes al ataque de plagas y enfermedades.

Lo anterior se fundamenta al notar que, al ser aplicado de forma foliar al cultivo el ácido piroleñoso, posibilitó la obtención de mazorcas de mayor peso. Eso en conjunto con un mayor porcentaje de plantas que pueden ser aprovechadas en la cosecha, ayudó a la obtención de un mayor nivel de rendimiento (Suárez-Chang, 2015). Finalmente, es preciso indicar que el ácido piroleñoso, de acuerdo tanto a los resultados obtenidos, así como a reportes de la literatura científica, representa una alternativa con múltiples aplicaciones, tanto en el proceso productivo como en procesos de ensilaje que han sido reportados por algunos autores.

CONCLUSIONES

El nivel del daño causado por *S. frugiperda* fue menor al aplicarse el ácido piroleñoso de forma diluida, mientras que, en cuanto a las dosis de aplicación, se pudo apreciar que la dosis de 4 L ha⁻¹ redujo notablemente el daño. La eficacia para el control de *S. frugiperda* fue mayor en el método de aplicación diluido, siendo la dosis de 4 L ha⁻¹, la más eficiente, cuya combinación alcanzó valores más cercanos a los registrados con Pynex 48 EC. Entre los métodos de aplicación se destacó la disolución por presentar mayor rendimiento, mientras que, entre las dosis, la de 4 L ha⁻¹ generó mayor rendimiento, y su respectiva sinergia presentó rendimiento mayor al registrado con el control químico.

Referencia bibliográfica

- Baidal, J. (2021). Evaluación morfométrica y organoléptica del cultivo de hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Stapf) con la aplicación de tres dosis de ácido piroleñoso. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 74 p.
- Barcia, K., & Triviño, E. (2019). Incidencia y severidad de *Spodoptera frugiperda* e identificación de enemigos naturales en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), Pichincha-Junín. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta-Ecuador. 55 p.
- Bouroncle, L., Díaz, J., & Alcalde, L. (2019). La sobrepoblación: efectos. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu* 5(2): 119-132.
- Castillo, L., & Vargas, L. (2014). Estudio comparativo de tres formas de reproducción de bocashi elaborados en el campus agropecuario UNAN-León. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León. León-Nicaragua. 131 p.
- Céspedes-Prieto, N., Carda-Castello, J., Cervantes-Estrada, L., & Gil-Noreña, J. (2021). Análisis del desarrollo innovador para el aprovechamiento de la *Guadua angustifolia* Kunth en la sustitución de cultivos ilícitos. *Ciencia en Desarrollo*, 11(2): 97-109.
- Contreras, C., & Hurtado, D. (2018). Evaluación de los impactos ambientales de la producción y usos del ácido piroleñoso a partir de los residuos de la transformación de la *Guadua angustifolia* Kunth en la finca Villa Claudia. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira-Colombia. 134 p.
- Coveña, S. (2015). Respuesta del maíz (*Zea mays*) al bioinsecticida de cedro rojo (*Cedrela odorata*) en cebo y aspersión para controlar al cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 135 p.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2019). *InfoStat* versión 2019. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba-Argentina, Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>.
- Espín, H. (2020). Evaluación de las propiedades físico-químicas del aceite pirolítico a partir de biomásas sometidos al proceso de pirólisis convencional. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador, 63 p.
-

- Estrella, S. (2019). Uso del ácido piroleñoso obtenido de la cáscara de arroz (*Oryza sativa* L.) para el manejo de *Prodiplosis longifila* G. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 74 p.
- Fajardo, S., Soto, A., & Kogson, J. (2013). Eficiencia de productos alternativos contra *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural 17(1): 91-97.
- Ferrell, J., Olarte, M., Christensen, E., Padmaperuma, A., Connatser, R., Stankovikj, F., . . . Paasikallio, V. (2016). Standardization of chemical analytical techniques for pyrolysis bio-oil: history, challenges, and current status of methods. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining* 10(5): 1932-1031.
- Guerrero, E. (2018). Evaluación del daño y manejo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz suave (*Zea mays* L.) en el sector Las Parcelas, cantón Mira. Universidad Técnica de Babahoyo. El Ángel-Ecuador. 38 p.
- Hidalgo-Dávila, J. (2017). La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: El sector florícola ecuatoriano. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Quito-Ecuador. 94 p.
- Masaquiza-Moposita, D., Pereda-Mouso, J., Curbelo-Rodríguez, L., Figueredo-Calvo, R., & Cervantes-Mena, M. (2017). Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la productividad y eficiencia: Resultados con su aplicación. *Revista de Producción Animal* 29(2): 57-64.
- Massolo, L. (2015). Introducción a las herramientas de gestión ambiental. Universidad Nacional de La Plata. La Plata-Argentina. 196 p.
- Mu, J., Uehara, T., & Furuno, T. (2003). Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. *Journal of Wood Science* 49: 262-270.
- Muñoz-Conforme, X., Comboza-Quijano, W., Lara-Obando, E., Mendoza-García, M., Zambrano, N. M., Lopez-Mendoza, J., & Morán-Sánchez, N. (2015). Insecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith, su incidencia en el rendimiento. *Centro Agrícola* 44(3): 20-27.
- Porras, Á. C., & González, A. R. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad* 9(2): 90-107.
-

- Ramírez-Cruz, A. (2021). Evaluación de bioinsecticidas para el control del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, en condiciones de laboratorio. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga-Ecuador. 64 p.
- Suárez-Chang, M. (2015). Uso de bioinsecticidas en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L) en condiciones controladas (laboratorio). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 73 p.
- Vélez, M., Betancourt, C., & Mendoza, J. (2021). Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Revista Ciencia y Tecnología UTEQ* 14(2): 33-40.
- Viltres-Rodríguez, R., & Alarcón-Zayas, A. (2022). Caracterización química del bio-aceite de pirólisis rápida de biomasa. *Revista Cubana de Química* 34(1): 131-158.
- Zambrano, C., & Andrade, M. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad* 13(4):143-150.
- Zheng, H., Wang, R., Zhang, Q., Zhao, J., Li, F., & Luo, X. (2020). Pyrolytic acid mitigated dissemination of antibiotic resistance genes in soil. *Environment International* 145: e106158.
-