



EFFECTOS DEL ÁCIDO PIROLEÑOSO EN LA RESPUESTA AGRONÓMICA DEL MAÍZ (*ZEА MAYS L.*), CULTIVAR TUSÓN

Effects of pyroligneous acid on the agronomic response of maize (*Zea mays L.*), Tusón cultivar

Laudenis Daimí Oliva Vega*, **Yariuska Caridad Maceo Ramos,**
 Dariel Molinet Salas, **Lisvania Rivero Alcolea**

Dirección de Investigaciones Agropecuarias del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov" Carretera Bayamo-Manzanillo, km 161/2, Granma, Cuba. E-mail: ymaceor@gmail.com, darielmolinet@gmail.com, lisvaniariveroalcolea@gmail.com

RESUMEN: El ácido piroleñoso, obtenido de la biomasa vegetal, se ha estudiado por su efecto en el maíz como una alternativa natural para el control de plagas y malezas. Su uso mejora el rendimiento del cultivo y reduce la necesidad de agroquímicos, aportando beneficios agronómicos y ambientales. Se evaluaron los efectos del ácido piroleñoso en la respuesta agronómica del maíz cultivar "Tusón", en la provincia Granma. La investigación se desarrolló en el período lluvioso en la localidad Guisa, del municipio Bayamo. Las siembras se realizaron en el mes de abril en un suelo Fersialítico y las cosechas en el mes de agosto, en los años 2023 y 2024. Se evaluaron dos tratamientos: sin aplicación del bioproducto (control) y con la aplicación de 5 mL del ácido piroleñoso (AP) por litro de agua, cada diez días después de la germinación y el desarrollo de la planta. Los indicadores de la mazorca evaluados fueron: la altura de inserción (cm), la longitud (cm), el diámetro (cm), el número de líneas, el número de semillas y la masa de semillas (g). De la planta se evaluó el número de mazorcas, número de semillas y el rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Los datos se procesaron mediante la prueba de rango múltiple de Tukey para $p \leq 0,05$. Los resultados evidencian que la aplicación de ácido piroleñoso tuvo un efecto de estimulación significativo sobre todos los indicadores agronómicos evaluados. En particular se observó un incremento del 19 % en el rendimiento, lo cual sugiere que dicho compuesto puede actuar como un bioestimulante eficaz en condiciones similares. Estos hallazgos respaldan el potencial del ácido piroleñoso como un medio complementario en el programa de manejo agronómico orientado a mejorar la productividad del maíz.

Palabras clave: bioproducto, cultivar, productividad, rendimientos, semillas.

ABSTRACT: Pyroligneous acid, derived from plant biomass, has been studied for its effects on maize as a natural alternative for pest and weed control. Its use enhances crop yield and reduces the need for agrochemicals, offering both agronomic and environmental benefits. The effects of pyroligneous acid on the agronomic response of the "Tusón" maize cultivar were evaluated in Granma province. The research was conducted during the rainy season in the locality of Guisa, Bayamo municipality. Planting took place in April on Fersialitic soil, and harvesting occurred in August, during the years 2023 and 2024. Two treatments were assessed: without application of the bioproduct (control) and with the application of 5 mL of the pyroligneous acid (PA) per liter of water, every ten days after germination and plant development. The evaluated maize ear indicators included: insertion height (cm), length (cm), diameter (cm), number of rows, number of seeds, and seed mass (g). For the plants were evaluated number of maize ears, number of seeds and yield ($t\ ha^{-1}$). Data were compared using Tukey's multiple range test at $p \leq 0.05$. The results demonstrated that pyroligneous acid application had a significant stimulatory effect on all agronomic indicators evaluated in the "Tusón" cultivar. Notably, a 19 % increase in yield was observed, suggesting that this compound may act as an effective biostimulant under similar conditions. These findings support the potential of pyroligneous acid as plant growth stimulating in agronomic management.

Key words: bioproduct, cultivar, productivity, yield, seeds.

*Correspondencia a: daimyoliva7@gmail.com

Recibido: 09/06/2025

Aceptado: 28/08/2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Laudenis Daimí Oliva Vega: **Investigación, curación de datos.** Yariuska Caridad Maceo Ramos: **Investigación, metodología, escritura-borrador inicial, escritura-revisión y edición.** Dariel Molinet Salas: **Supervisión, investigación, conceptualización.** Lisvania Rivero Alcolea: **Curación de datos.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*, L.) es uno de los cereales que destaca por su importancia en la alimentación humana y animal. Según [García \(2025\)](#), el grano es fundamental para el desarrollo de la humanidad y vital en la industria alimentaria global. Además, se estima que más del 30 % de la producción se destina al consumo humano directo.

Durante la campaña agrícola 2023-2024, la producción de maíz registró récord histórico al superar los 1,264 millones de toneladas. Las proyecciones para el ciclo 2024-2025 indican que la cifra se mantendrá por encima de las 1000 de toneladas, evidenciando una tendencia al crecimiento sostenido, impulsado principalmente por los países de América del Norte y del Sur ([Orús, 2025](#)).

Es un cereal que se consume en el mundo, tanto como producto fresco como procesado ([Pérez-Madruga et al., 2019](#)); debido a sus propiedades nutricionales y por su extrema adaptabilidad se ha convertido en el alimento de más producción a nivel mundial ([Blanco y González, 2021a](#); [Pérez et al., 2020](#)). Además, de él se obtiene aceite, edulcorante, jarabe y alcohol, entre otros ([Callava, 2020](#)).

Por otro lado, aunque la actividad agrícola es primordial para el ser humano, el uso excesivo de los productos químicos contribuye negativamente en la conservación del medio ambiente ([Espín Espín, 2020](#)) por lo que existe la necesidad urgente de desarrollar un enfoque agrícola eficiente y respetuoso con el medio ambiente para la restauración del suelo y el crecimiento de los cultivos (Liu, 2017), citado por [Pelinco et al. \(2021\)](#).

El ácido piroleñoso es una solución acuosa compleja obtenida durante la pirolisis de biomasa vegetal rica en lignina, celulosa y hemicelulosa. Su composición incluye entre un 80 y un 90 % de agua y de un 10 a 20 % de compuestos orgánicos, entre los que se encuentran más de 200 sustancias químicas como: el ácido acético, fenoles, alcoholes y ésteres. Debido a sus propiedades bioactivas, este producto ha despertado creciente interés como una alternativa natural y posee potencial para sustituir productos sistémicos en sectores como la agricultura, la industria alimentaria y la cosmética ([Lescay Batista, 2024](#)).

Este bioproducto permite aprovechar la biomasa que en la mayoría de las veces se considera como desperdicio, y utilizarla en múltiples usos agrícolas ([Espín Espín, 2020](#)). Posee efectos bioestimulantes, herbicidas y antimicrobianos en las plantas. Su aplicación mejora la brotación, el crecimiento foliar y el control de plagas en *Dioscorea alata* L. ([Tejadillas Sánchez y Borges García, 2025](#)); así como los rendimientos del cultivo del pimiento ([Quijije Rhea, 2022](#)). Además, se reportó efectividad en el control del cultivo de arvenses sin daños de toxicidad para el maíz en Granma, Cuba ([Lescay Batista et al., 2023](#)).

Autores como [Lescay Batista \(2024\)](#) consideran que su composición favorece la actividad microbiana del suelo y a la resistencia vegetal. La aplicación de este bioproducto en cultivos como el tomate aumentaron la germinación de las semillas y redujeron plagas como la mosca blanca ([González y Martínez, 2020](#)), permitió un buen control de la negrita (*Prodiplosis longifila*) ([Sumba Alvario, 2020](#)), y en la lechuga mejoró la adsorción de nutrientes y aumentó el contenido de la clorofila ([Fernández y Torres, 2020](#)).

Por otra parte, en el arroz mejoró el desarrollo radicular y la resistencia a las enfermedades fúngicas ([Rodríguez y Pérez, 2021](#)), en el pepino garantizó el control de las principales plagas y en el cultivo del pimiento permitió obtener un 100 % de plantas sanas dentro del área útil, con una baja presencia de insectos ([Espín Carvajal, 2020](#)).

Además, adquirió efectos significativos en la germinación de las semillas de la cocona y el cacao ([Ruelas et al., 2020](#) y [Pelinco et al., 2021](#)). Al respecto, [Lescay Batista \(2024\)](#) describe que el ácido piroleñoso, se destaca su capacidad como bioestimulante y plaguicida natural, aunque aún se investiga su aplicabilidad óptima.

Por lo antes expuesto, el presente trabajo se trazó como objetivo evaluar los efectos del ácido piroleñoso obtenido de marabú en la respuesta agronómica del maíz cultivar "Tusón", en la provincia Granma.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló del mes de abril a agosto en el periodo lluvioso de los años 2023 y 2024, en un suelo Fersialítico ([Hernández et al., 2015](#)) en la localidad de Guisa, en el municipio Bayamo, provincia Granma.

La caracterización química del suelo se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelos y Fertilizantes, cuyos resultados se muestran en la [Tabla 1](#).

Los datos climáticos se obtuvieron en los registros del Centro Provincial de Meteorología de Granma. Con los valores promedios mensuales de las temperaturas y precipitaciones en los años de estudio se construyó el Climograma de la zona, el cual se muestra en la [Tabla 2](#)

La preparación del suelo se realizó por el método tradicional. La fertilización fue con humus de lombriz a razón de 5 t ha⁻¹. Se utilizó un marco de siembra de 0,90 x 0,20 m en parcelas formadas por cuatro surcos de cinco metros de largo para un área de 18 m². Las atenciones culturales se desarrollaron según el manual técnico del maíz ([Gordon, 2021](#)).

El ácido piroleñoso obtenido a partir de la biomasa de marabú (*Dichrostchys cinerea* (L.) Wight & Arn.) (Base de datos Trópicos) en la "CCS Rodrigo Ramírez", ubicada en la provincia de Holguín. Este bioproducto se caracterizó en el laboratorio de química orgánica del Grupo Empresarial de Industria Química (GEIQ), perteneciente al Centro de Investigaciones Químicas ([González y Gilbert, 2020](#)). Se evaluaron dos tratamientos. T1: sin aplicación de ácido piroleñoso (control), T2: aplicación de 5 mL de ácido piroleñoso (AP) por litro de agua, cada

diez días después de la germinación con un total de 7 aplicaciones.

El material vegetal estudiado fue cultivar "Tusón", obtenido a partir de plantas Plus procedentes del germoplasma del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov".

Se sembraron dos parcelas y de cada una de ellas se seleccionaron 20 plantas al azar, en las cuales se midieron los siguientes indicadores:

- Altura de inserción la mazorca (cm)
- Longitud de la mazorca (cm)
- Diámetro de la mazorca (cm)
- Número de líneas por mazorca
- Número de semillas por mazorca
- Masa de semillas por mazorca (g)
- Número de mazorcas por planta
- Número de semillas por planta
- Rendimiento (t ha⁻¹)

Los datos se procesaron a través del paquete estadístico Estadística ([Stat Soft, 2009](#)). La distribución normal de los datos y la homogeneidad de varianza se comprobó mediante la aplicación de las pruebas de Kolmogórov-Smirnov ([Massey, 1951](#)) y la prueba de [Bartlett \(1937\)](#), respectivamente. En el procesamiento estadístico de los datos se empleó la prueba de de rango múltiple de Tukey para $p \leq 0,05$ ([Lerch, 1977](#)).

Tabla 1. Características químicas del suelo

Profundidad (cm)	pH KCl	Materia orgánica (MO) (%)	P ₂ O ₅ asimilable (ppm)	K ₂ O asimilable (mg/100g)
0 - 20	6,6	2,88	8,82	25,45
20 - 40	6,7	2,70	9,81	23,64

Tabla 2. Comportamiento de los principales factores climáticos durante el período experimental

Meses/año	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Lluvia (mm)
	Máxima	Mínima	Media		
Abril /2023	35,4	17,7	26,2	72	100,8
Mayo/2023	35,7	20,1	26,4	81	160,5
junio/2023	35,3	21,0	27,0	84	408,6
Julio /2023	37,0	20,6	28,2	79	99,0
Agosto /2023	36,8	20,9	28,1	80	77,6
Abril /2024	35,9	16,8	25,8	70,9	118,2
Mayo/2024	35,1	20,5	26,0	80,1	77,8
junio/2024	34,9	21,2	26,9	80,1	77,9
Julio /2024	36,9	21,2	28,2	75,4	138,1
Agosto /2024	37,2	21,15	27,7	79,5	98



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los efectos del ácido piroleñoso sobre la altura de inserción de la mazorca, diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca, número de líneas por mazorca y número de semillas por mazorca, se aprecia que en el tratamiento donde se aplicó el producto los valores fueron estadísticamente superiores a los del tratamiento testigo.

Un aspecto relevante a considerar es la altura de inserción de la mazorca, cuya ubicación óptima se encuentra en la zona media de la planta. Esta posición favorece el aprovechamiento eficiente de los fotoasimilados generados por las hojas, lo que puede incidir positivamente en el desarrollo y el rendimiento del cultivo (Gilo et al., 2011, citado por Valdés et al. 2024).

Guamán Guamán et al. (2022) encontraron que el cultivar híbrido Pioner-F30K73® mostró mayor altura en la inserción de la mazorca, con 123, 75 cm, que los cultivares Trueno-BV-74 43, Iniap-H-551® y Gladiador-DOW-2B-688®, con los valores de 116,25; 112,50 y 108,75 cm, respectivamente, lo cual correlacionó con su mayor rendimiento por hectárea. A partir de ese resultado, el autor sugirió que una mayor altura de inserción de la mazorca puede estar asociada a un mayor desarrollo vegetativo y productivo, aunque también depende de otros factores como la arquitectura de la planta y las condiciones ambientales. Sin embargo, Blanco y González (2021a) consideran que cuando la mazorca se inserta a mayor altura se dificulta la cosecha y las plantas están más propensas al acame debido a la masa de la mazorca y la acción del viento.

En este sentido, estudios agronómicos recientes sobre el cultivar híbrido H-48 no establecen un valor específico del peso de la mazorca que

desencadene el acame. No obstante, se ha confirmado que un mayor peso en la masa elevada de la mazorca ejerce una presión adicional sobre el tallo, especialmente cuando estas se encuentran en la parte superior de la planta.

El número de semillas por mazorca en esta investigación superó al informado por Blanco y González (2021b) que arrojó valores promedios de 362,3 y 406 granos, con medias entre 182,70 y 325, 80 granos por mazorca.

Los diámetros de las mazorcas obtenidos en esta experiencia tienen cierta similitud con los señalados por (Echevarría et al. 2021), además Cabañas Echeverría et al. (2021), infirieron para este cultivar los diámetros promedios de la mazorca se encuentran en un rango entre 4,8 y 5, 6 cm, en particular considerando la longitud de 16 a 18 cm y el número de hileras por mazorca de 14, con pequeñas variaciones por mazorca según las condiciones agroecológicas.

En cuanto a la longitud de la mazorca, se registró un valor similar al referido por Cutiño et al. (2022), quienes señalaron una longitud promedio de 17,1 cm. Sin embargo, los valores expresados en el número de líneas en ambos tratamientos, fueron inferiores a los publicados por estos mismos autores, quienes plantearon un promedio de 16,2 hileras.

El número de semillas por planta fue favorecido por el tratamiento donde se empleó el ácido piroleñoso, el cual mostró superioridad estadística sobre el valor expresado en el tratamiento sin aplicación del producto (Tabla 4). Según Luo et al. (2019) este ácido, en un momento óptimo de aplicación, podría usarse como un agente promotor para mejorar los rendimientos de los cultivos.

Tabla 3. Efecto del ácido piroleñoso en la respuesta de los indicadores agronómicos de la mazorca del cv. de maíz "Tusón", cultivado en Bayamo, Granma, en los años 2023-2024

Acido piroleñoso (AP)	Altura de inserción de la mazorca (cm)	Diámetro de la mazorca (cm)	Longitud de la mazorca (cm)	número de líneas por mazorca	Número de semillas por mazorca
Sin AP	115,35b	4,57 b	16,73b	13,5b	460,58b
Con AP	119,29a	4,68a	17,17a	13,72a	475,22a
Error	1,981	0,016	0,248	0,036	5,268

Medias con letras desiguales en la misma columna muestran diferencias significativas entre sí, según la prueba de rango múltiple de Tukey, para $p \leq 0,05$.

Tabla 4. Efecto del ácido piroleñoso en la respuesta de los indicadores agronómicos de la planta del cv. de maíz "Tusón", cultivado en Bayamo, Granma, en los años 2023-2024

Acido piroleñoso (AP)	Número de semillas por planta	Masa de las semillas por planta (g)	Rendimiento t ha ⁻¹
Sin AP	567,84b	121,43b	4,27b
Con AP	629,87a	195,91a	5,27a
Error	6,451	1,24	0,051

Medias con letras desiguales muestran diferencias significativas entre sí, según la prueba de rango múltiple de Tukey para $p \leq 0,05$.

El ácido piroleñoso podría ser un producto muy útil en la agricultura si se aplica en el momento adecuado y en la dosis correcta. Afirmación respaldada por literatura científica y técnica disponible en las investigaciones de Lescay Batista *et al.* (2023), Espín Carvajal, (2020) e INCA (2024), los que destacan el potencial del ácido piroleñoso, ya sea como bioherbicida, bioplaguicida o bioestimulante, siempre que se aplique en el momento fenológico y la dosis controlada, para mejorar los rendimientos.

En la masa de las semillas por planta también se observó un efecto significativo en el tratamiento donde se aplicó el ácido piroleñoso (Tabla 4), con un incremento de 61,3 % respecto al control. Este valor es superior al señalado por Morejón *et al.* (2017) quienes, en un experimento de nutrición en maíz, refirieron 186,12 g por planta en el tratamiento donde usaron 100 % de NPK.

El rendimiento alcanzado en el tratamiento con ácido piroleñoso superó estadísticamente al tratamiento control con un incremento de un 19 % (Tabla 4). Tal rendimiento es superior al obtenido en la producción de maíz seco en Cuba, la cual es baja, con un promedio de 1,93 t ha⁻¹ (Téllez *et al.*, 2021). También supera el rendimiento registrado por Cutiño *et al.* (2022) quienes en un experimento desarrollado en el municipio Contra maestre, en la provincia de Santiago de Cuba, indicaron un valor de 4,4 t ha⁻¹.

Entre las características químicas de ácido piroleñoso se destaca una alta concentración de nitrógeno, seguido del calcio, potasio y otros elementos como fósforo, azufre y magnesio en menor proporción; además de compuestos orgánicos y ácidos propios de su composición que benefician al desarrollo vegetativo de la planta (Estrella, 2019).

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que la aplicación de ácido piroleñoso tuvo un efecto de estimulación significativo sobre todos los indicadores agronómicos evaluados en el maíz, cultivar "Tusón". En particular se observó un incremento del 19% en el rendimiento, lo cual sugiere que dicho compuesto puede actuar como un bioestimulante eficaz en condiciones similares. Estos hallazgos respaldan el potencial del ácido piroleñoso como un medio complementario en el programa de manejo agronómico orientado a mejorar la productividad del maíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 160(901), 268-282. <https://doi.org/10.1098/rspa.1937.0109>
- Blanco, Y. y González, D. (2021a). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3), e08. http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362021000300008.
- Blanco, J. A. y González, M.E. (2021b). Evaluación de híbrido de maíz en condiciones de temporal en el Bajío. *Revista Fito técnica Mexicana*, 44(2), 173-182. https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v44_n2/0187-7380-rfm-44-02-173-pdf.
- Cabañas Echevarría, M., Suárez Crestelo, E., Puldón Padrón, V., Montalvo Pérez, L., Hernández López, A. A., Viera Morales, R., Faure Álvarez, B., Cantillo Pérez, I. y Toledo Díaz, D. (2021). Catálogo de variedades comerciales de granos: Arroz, frijol, maíz, soya, sorgo. Instituto de Investigaciones de Granos. Disponible en:

- [Garlan - Catálogo PDF]. (https://www.garlan.es/wp-content/uploads/2022/01/cat_variedad_des_garlan_2021.pdf).
- Callava, S. A. (2020). Caracterización morfológica y selección de diferentes genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. 44pp. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/>
- Cutiño, A., Vuelta, D. R., Molina, L. B., Vargas, B., Fernández, M. y Mustelie, M. C. (2022). Evaluación agronómica de 3 variedades de maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones edafoclimáticas de la finca "El porvenir" del consejo popular "La coronú", Pérez-Madruga Contramaestre. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 2(3), 49-58. <https://revistatransdisciplinaria.cujae.edu.cu/article/view/maiz2022>.
- Echevarría, R., Rodríguez, M., Martínez y Pérez, J. (2021). Catálogo de variedades de maíz de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba.
- Espín Carvajal, D. R. (2020). Evaluación de diferentes dosis de ácido piroleñoso para el control de las principales plagas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L) *Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Repositorio UTEQ. [<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/81f1d134-d554-4e69-bd62-8a583ffaaf90/content>].
- Espín Espín, H. D. (2020). Evaluación de las propiedades físico-químicas del aceite pirolítico a partir de biomásas sometidos al proceso de pirolisis convencional. *Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. [https://repositorio.uteq.edu.ec/items/1b57081c-972a-40fa-b5a0-b2ddadd2cc71/full "1"](https://repositorio.uteq.edu.ec/items/1b57081c-972a-40fa-b5a0-b2ddadd2cc71/full%201).
- Estrella, S. T. (2019). Uso del ácido piroleñoso obtenido de la cáscara de arroz (*Oriza sativa* L.) para el manejo de *Prodiplosis longifila* G. en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, 74 pp. [<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3623>]
- Fernández, A. y Torres, D. (2020). Influencia del asido piroleñoso en la calidad del suelo y el rendimiento de la lechuga. *Agroecología Tropical*, 15(3), 88-95. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8073007.pdf>
- García, G. (2025). Importancia del maíz y su impacto en la economía mundial. Disponible en: <https://thefoodtech.com>.
- González, A. D. y Gilbert, J. L. (2020). Caracterización de una muestra de ácido piroleñoso obtenido del marabú (*Dichrostchys cinerea* (L.) Wight & Arn.) [Informe de Servicio Científico-Técnico]. Centro de Ingeniería e Investigaciones Química. <https://scholar.google.com.mx/>
- González, L. y Martínez, R. (2020). Aplicación de ácido piroleñoso como bioestimulante en el cultivo de hortalizas. *Ciencias y Agricultura*, 27(1), 12-19. [<https://www.uteq.edu.ec>]. (Disponible en: línea sitio de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo)
- Guamán Guamán, R. N. Vera, T. X. D., Villavicencio Abril, À.F., Ulloa Cortázar, S.M. y Romero Salguero, E. J. (2022). Evaluación del desarrollo rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatr híbrido. *Siembra*, 7(2),47-56. Universidad Central de Ecuador. <https://scielo.senecyt.gob.ec/scielo.php?script=s2477-88502020000100047>.
- Gordon, R. (2021). Manual técnico el maíz en Panamá: características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con alta variabilidad climática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá .108 pp. ISBN 978-99926-8903-6-2
- Hernández, A., Pérez, JM., Bosch, D. y Speck, NC. (2015). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1). <https://www.ediciones.inca.edu.cu>.
- Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), (2024). Característica y posibles usos del ácido piroleñoso en la agricultura. Cuba. *Cultivos Tropicales* 45(3). <https://scielo.sld.cu>.
- Lerch, G. (1977) La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica.
- Lescay Batista, E. (2024). El ácido piroleñoso, características y posibilidades de uso en la agricultura. *Cultivos Tropicales*, 45(3). <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1794>.
- Lescay Batista, E., Verdecia Verdecia, A. y Matos Yero, R., (2023). El ácido piroleñoso del marabú, una alternativa agroecológica para el combate de arvense. *Avance*, 25(1), 35-44<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8953050>

- Luo, X., Wang, Z., Meki, K., Wang, X., Liu, B., Zheng, H. y Li, F. (2019). Effect of co-application of wood vinegar and biochar on seed germination and seedling growth. *Soils and Sediments*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02365-9>
- Massey, F.J. Jr. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 68-78. <https://doi.org/10.2307/2280095>
- Morejón Pereda, M., Herrera Altuve, J. A., Ayra Pardo, C., González Cañizares, P. J., Rivera Espinosa, R., Fernández Parla, Y., Peña Ramírez, E., Téllez Rodríguez, P., Rodríguez de la Noval, C., & de la Noval-Pons, B. M. (2017). Alternativas en la nutrición del maíz transgénico FR-Bt1 de (*Zea mays* L.): respuesta en crecimiento, desarrollo y producción. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 146-155. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1414>.
- Orús, A. (2025) El maíz en el mundo- datos estadísticos. *Staticta*. <https://es.Staticta.com/temas/12914/el-maiz-en-el-mundo/>.
- Pelincó, E., Quispe, N. F., Catacora, M. (2021). Efecto del ácido piroleñoso en la germinación de sandía, cocona y cacao en el distrito de San Gabán, Carabaya. In Press, 2 (3): <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-03093528>
- Pérez, R., Oudot, M., Hernández, I., Nápoles, M. C., Pérez, S. y Sosa, D. (2020). Aislamiento y caracterización de *Stenotrophomonas* asociada a rizosfera de maíz (*Zea Mays* L.). *Cultivos Tropicales* 41(2): e03. <https://www.ediciones.inca.edu.cu>.
- Pérez-Madruga Y, Rosales-Jenquis P. R, Menéndez D. C. y Falcón-Rodríguez, A. (2019). Aplicación combinada de quitosano y HMA en el rendimiento de maíz. *Cultivos Tropicales*, 40(4): 12-25. <https://www.ediciones.inca.edu.cu>.
- Quijije Rhea, M. Y. (2022). Efecto del ácido piroleñoso como complemento de fertilización edáfica en el rendimiento del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Tesis de pregrado, de Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec>.
- Ruelas E. P., Salazar, N. F. Q. y Pinazo M. C. (2020). Efecto del ácido piroleñoso en la germinación de *Citrullus lanatus* "sandía", *Solanum sessiliflorum* "cocona" y *Theobroma cacao* "cacao" en el distrito de San Gabán, Carabaya. *Puriq* [Internet]. 2020 [citado 23/5/2024]; 2(3):233-46. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/514/5143156009/html/>
- Stat Soft, Inc. (2009). *Statistica for Windows computer program manual*. Release.
- Sumba Alvario, J. G. (2020). Evaluación de diferentes dosis de ácido piroleñoso para el control de negrita (*Prodidiplosis longifila*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en época seca, en la zona de Mocache. *Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Repositorio UTEQ. [<https://repositorio.uteq.edu.ec/items/a7e603bb-bc6d-4910-b595213b5a205237/full>].
- Téllez, P., Morán, I., Riverón, A., Espinoza, Davel., Hernández, D., Martínez, A., Ayra, C. e Isidró, M. (2021). H-Ame15: Nuevo híbrido simple de maíz transgénico, resistente a la palomilla y tolerante a herbicidas. *Cultivos Tropicales*, 42(4) supl. 1: e12. <https://www.ediciones.inca.edu.cu>.
- Tejadillas Sánchez, Y. y Borges García, M. (2025). Uso del ácido piroleñoso en el uso de *Discorea alata* L. clon criollo. *Revista Científica Agroecosistema*, 13e749. <https://aes.ucf.edu.cu>.
- Valdés, F. D., Huerta, Á. M., Mongeloz, C. A., Sánchez, R., Ruiz, E. M. D. y Sánchez, M. A. (2024). Evaluación de cultivares de maíz (*Zea maíz* L.) sembrados en diferentes arreglos espaciales. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 8(23), 363-375. [https://sites.google.com/crea.org.ar/regin-norte-de-santafe/agricultura/resultados-ensayos-zonales\[43dcd9a7-70db-4a1f-b0ae-981daa162054\]](https://sites.google.com/crea.org.ar/regin-norte-de-santafe/agricultura/resultados-ensayos-zonales[43dcd9a7-70db-4a1f-b0ae-981daa162054]).

