

10

USO DE ESTUFAS DE COMBUSTIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE BANANO COMO MECANISMOS DE MITIGACIÓN

USE OF CONTROLLED COMBUSTION STOVES IN BANANA CULTIVATION AS MITIGATION MECHANISMS

Joselyn Verónica Lapo Alvarado¹

E-mail: jlapo6@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8494-1229>

Cesar Joel Rojas Hurtado¹

E-mail: crojas2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4112-4472>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lapo Alvarado, J. V., Rojas Hurtado, C. J., Quevedo Guerrero, J.N., Garcia Batista, R. M. (2023). Uso de Estufas de Combustión controlada en el cultivo de Banano como mecanismos de Mitigación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 76-81. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La obstrucción foliar en plantas de banano es un desorden fisiológico que genera anomalías en el racimo, afectando principalmente su peso y calidad de la fruta. Suele relacionarse con la deficiencia de C, K, Zn, Ca, exceso o deficiencia de radiación y alta humedad relativa. En el presente estudio se evaluó el efecto de estufas de combustión controlada en la mitigación de la obstrucción foliar, comparando su eficiencia al de un bioestimulante foliar a base de algas marinas, las aplicaciones se realizaron durante el desarrollo de sus etapas fenológicas. Se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos: T1-Estufas, T1-Foliar y T3-Testigo. Las variables evaluadas fueron: temperatura dentro de la plantación, emisión foliar, distancia entre peciolas y número de hojas. El T1 registró medias más altas en todas las variables, en cuanto a emisión foliar se observó homogeneidad en las medias de T2 y T3. El uso de estufas de combustión controlada en horas de la madrugada dentro de la plantación de banano muestra mejoras significativas en la emisión foliar y la distribución espacial de las hojas en las plantas de banano.

Palabras clave:

Fotorrespiración, emisión foliar, homogeneidad.

ABSTRACT

Leaf obstruction in banana plants is a physiological disorder that generates abnormalities in the bunch, mainly affecting its weight and fruit quality. It is usually related to the deficiency of C, K, Zn, Ca, excess or deficiency of radiation and high relative humidity. In the present study, the effect of controlled combustion stoves in mitigating foliar obstruction was evaluated, compared to the use of a foliar Biostimulant based on seaweed during the development of its phenological stages. A completely randomized block experimental design was carried out with three treatments: T1-Stoves, T1-Foliar and T3-Control. The variables evaluated were temperature within the plantation, foliar emission, distance between petioles and number of leaves. T1 recorded higher means in all variables; in terms of leaf emission, homogeneity was observed in the means of T2 and T3. The use of controlled combustion stoves in the early morning hours within the banana plantation shows significant improvements in foliar emission and spatial distribution of leaves in banana plants.

Keywords:

Photorespiration, foliar emission, homogeneity.

INTRODUCCIÓN

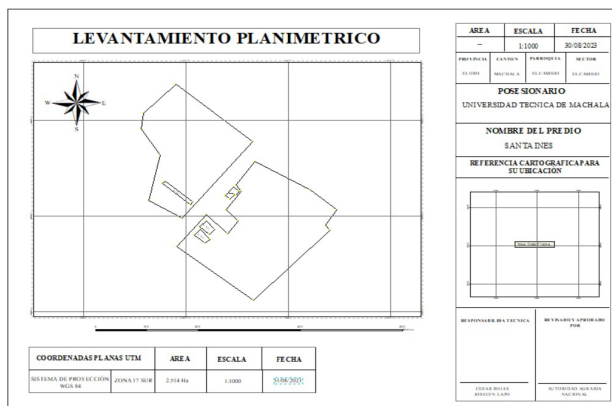
La producción bananera según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020), es uno de los cultivos más rentables y extensos en América Latina y el Caribe, además es el principal rubro de ingresos económicos de exportación agrícola del Ecuador, su demanda se basa en la calidad, de esta forma se ha convertido en una fruta muy consumida en muchos países, debido a sus propiedades nutricionales (Zhiminaicela et al., 2021), constituidas principalmente por macro y micronutrientes, posee también propiedades Fito nutritivas y compuestos bioactivos que refuerzan la salud, es un sustento vital para las familias de la región costa del Ecuador, (Martínez y Rey, 2021). El banano es la base de la economía y dieta de muchos países, ocupa un lugar importante en la producción y comercio internacional, constituye la fruta más exportada y es representada en su mayoría por triploides AAA Cavendish, (Martínez y Rey, 2021). Ecuador eOina, en la mejora de la respuesta de los cultivos ante diversas formas de estrés. Se destaca la presencia de glicinabetaína, una molécula reconocida por sus propiedades antiestrés. El propósito de esta investigación tiene como fin mejorar el aporte de distancia entre peciolos de la planta de banano empleando un control de temperatura durante las horas más bajas en la madrugada para contrarrestar el nivel de arrepollamiento que ataca a este cultivo debido a las bajas temperaturas que se da en el mismo, problema que ha tenido mayor impacto en la producción bananera, tomando en cuenta los costos que origina las pérdidas que deja esta cantidad de plantas afectadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se llevó a cabo en la granja Santa Inés ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala en el km 5,5 vía al Cambio, parroquia El Cambio, provincia de El Oro. Geográficamente se encuentra en las coordenadas 3°17'26" S y 79°54'46.4" W UTM zona 17 S con una altitud de 6 msnm (Figura 1).

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



MATERIAL VEGETAL

El material vegetal seleccionado pertenece al clon Valery, en una plantación establecida de banano de más de 30 años, en la Granja Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cabe señalar que todas las plantas usadas para el ensayo presentaban problemas de arrepollamiento de leve a fuerte.

DISEÑO DE PROTOTIPO

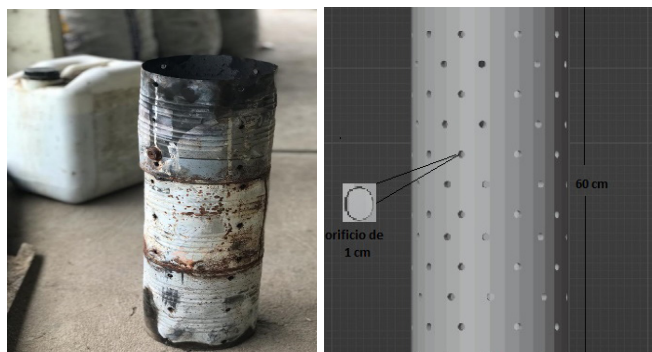
Se construyeron varios prototipos de estufa de combustión controlada resistente al fuego y usando materiales reciclados, tal es el caso de las latas metálicas de pinturas, para lo cual se necesitaron 3 unidades soldadas con el fin de cumplir una altura que permita direccionar el calor hacia la plantas jóvenes (60 cm) ejecutando modificaciones en las mismas, con agujeros estratégicamente ubicados a 12 cm y 10 cm con un diámetro de 1cm, este último tiene como función permitir la entrada y salida de oxígeno (Figura 2) para que la llama se alimente hasta que el contenido sea consumido por completo.

Dentro de los componentes que integraron el combustible de las estufas se hallan: aserrín (viruta de madera), material orgánico cuya principal ventaja es su bajo costo y a su vez es de fácil uso para encender un fuego.

El Aceite vegetal reciclado de frituras, un compuesto orgánico (triglicérido) que se obtiene de diversas partes de la planta. Su idoneidad como fuente de combustible radica en las propiedades derivadas de su composición de ácidos grasos y lípidos, dichas características y sus implicaciones son un gran potencial como combustible orgánico, Navarro Reme, (2020). El aceite vegetal usado puede ser objeto de valorización material, mismo que produce otros materiales como impermeabilizantes, pinturas, tintas, fertilizantes o arcilla expandida.

Estos materiales fueron calculados de manera específica con respecto a su llenado por prototipo; se utilizaron 900 gr de aserrín junto con 530 ml de aceite vegetal reciclado, incluyendo 65 gr de parafina refinada para alargar la duración de la llama (2 horas aproximadamente), esta alcanza una altura de 1 metro y el calor que genera rodea de 3 a 4 metros en su entorno.

Figura 2. Prototipo de estufa de combustión controlada usada en el ensayo



DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El diseño experimental utilizado para evaluar la eficiencia del prototipo de estufa fue de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos (T1, T2, T3), con un total de 30 plantas por tratamiento (Tabla 1). El T1 consto de 20 estufas dispuestas en hileras a 3 metros de distancia cada una entre las plantas de banano y a un 1m de distancia de las plantas de banano, se encendían a las 3 am por dos horas o hasta agotar el combustible por completo, finalizando a las 5 am. El trabajo de campo contó con la aplicación de calor generado por las estufas prototipo se tuvo un total de 36 aplicaciones nocturnas de 2 a 3 horas, y comparado con el T2 que constaba de aplicaciones foliares de bioestimulantes a dosis de 1 litro*ha⁻¹ cada 15 días, 6 aplicaciones en un periodo de 11 semanas.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	caracterización
T1	Estufas
T2	Bioestimulante foliar
T3	Testigo

Fuente: *Elaboración propia*

MANEJO DEL ENSAYO

El ensayo se realizó dentro de la plantación de banano establecida con plantas de banano del clon Valery, en un área aproximada de 10.000 m² en condiciones homogéneas para evitar distorsión de los datos, las plantas estuvieron distribuidas en parcelas de 5 m de ancho por 30 m de largo, se seleccionaron tres parcelas al azar (bloques) para establecer los tratamiento y el testigo, dentro de cada bloque se eligieron 10 plantas en similares condiciones y estados fenológicos (plantas +2m) se etiquetaron y se evaluaron semanalmente durante 3 meses para la toma de datos de las variables analizadas. El encendido de las estufas prototipo se realizó en horas de la madrugada (Figura 3) con registros de temperaturas que oscilaban entre los 20° a 23° C respectivamente.

Figura 3. Estufas encendidas dentro de la plantación de banano en horas de la madrugada



El T2 consto de la aplicación foliar de Bioestimulante a base de algas marinas, con giberelinas y otros micronutrientes, enfocados a restar el estrés abiótico de las plantas de banano que presentaban obstrucción foliar. Se utilizó una dosis de 1 litro*ha⁻¹ aplicado con motobomba, tres aplicaciones, 1 cada mes. El T3 fue el testigo hacienda, donde las plantas recibieron lo planificado por el productor.

VARIABLES A EVALUAR

Temperatura ambiental (TA): se describe como el rango de temperatura del entorno según Ledesma, (2023) se evaluó cada día antes y después de la aplicación de las estufas.

Distancia entre peciolo (DEP): distanciamiento que existe entre hojas alternas, (Vargas et al., 2017) medida con una cinta métrica cada 8 días.

Número total de hojas a la aparición (NDH): se trata del número de hojas emitidas, (Vézina & Baena, 2020) se tomó registro de hojas cada 8 días.

Emisión Foliar (EF): descrito como registro de crecimiento de la hoja bandera, (Montaño, 2021) la toma de datos se llevó a cabo cada 8 días, iniciando una semana antes de la primera aplicación con la ayuda de una cinta métrica hasta tres días después de la última aplicación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó Análisis de Varianza (ANOVA), el cual se aplicó para examinar la influencia de un solo factor. Antes de proceder con este análisis, se verificaron dos supuestos importantes: la normalidad de los datos y la igualdad de las variabilidades entre los grupos. Paralelamente, con el objetivo de investigar diferencias significativas entre las medias de distintos grupos, se realizaron pruebas post hoc mediante el método de Tukey, con un nivel de significancia del 0,05%. La totalidad de los análisis se ejecutaron utilizando el software SPSS versión 25 de IBM, correspondiente al año 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 2) indican que no se han encontrado diferencias significativas en los promedios de las variables examinadas. Esto se refleja en el valor de significancia, el cual supera 0,05. El tener un aumento de 0.2 en la emisión foliar en banano es importante, porque tenemos más área foliar por semana, si eso es de forma constante, se puede mejorar la tasa de fotosíntesis y mejorar el llenado y calidad de los racimos, es recomendable seguir con la investigación para ver si con más días de aplicación de calor se logra ganar más emisión foliar y mejor distribución de las hojas, reduciendo el nivel de obstrucción foliar. En banano se considera que una emisión foliar normal está en 0.8 hoja por cada 7 días y el T1 uno lo presenta gracias a los efectos de las estufas-.

Tabla 2. Resultados del ANOVA en las variables de desarrollo

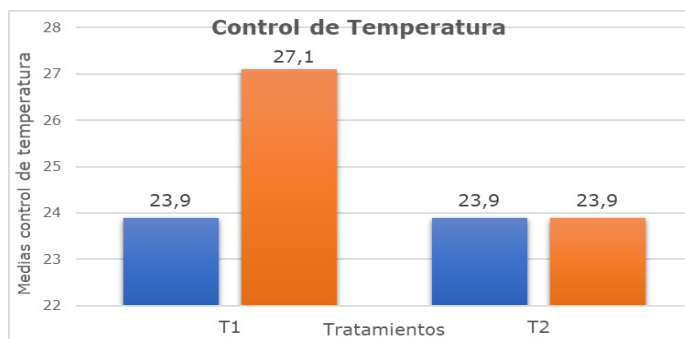
Tratamiento	EF	DEP	NDH
1	0,84	8,48	14,60
2	0,64	6,45	13,40
3	0,64	7,31	13,80
Sig. (0,05)	0,052	0,198	0,327

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se visualizan los valores de las medias en los tres tratamientos demostrando que no se han encontrado diferencias significativas.

Control de temperatura: los valores de temperatura registrados en la Figura 4 oscilan entre los 23°C a 25°C antes de encender las estufas de combustión (T1) con un incremento de hasta 4°C en 15 minutos después del encendido, llegando a valores de 27°C. El CO₂ que se produce con las estufas presente en el aire es esencial para la respiración de las plantas durante la noche. Aunque la fotosíntesis se detiene en la oscuridad debido a la falta de luz solar, la respiración continúa. Durante la respiración, las plantas de banano utilizan el oxígeno y liberan CO₂ mientras descomponen los carbohidratos y otros compuestos orgánicos para obtener energía y mantener sus procesos metabólicos. Este CO₂ producido por la planta se mezcla con el CO₂ ambiental circundante más el CO₂ producido por nuestras estufas para mejorar el equilibrio gaseoso adecuado. Por lo tanto, en resumen, el CO₂ presente en la atmósfera es esencial para el proceso de respiración de las plantas de banano durante la noche, ya que les proporciona el oxígeno necesario para su metabolismo. Según los autores Lambers, et al., (2008) y Flexas, et al., (2006), un aporte adicional de CO₂ asegura que la planta continúe funcionando y manteniendo su salud incluso cuando no hay luz solar disponible para la fotosíntesis

Figura 4. Comportamiento de la variable temperatura interna de la plantación

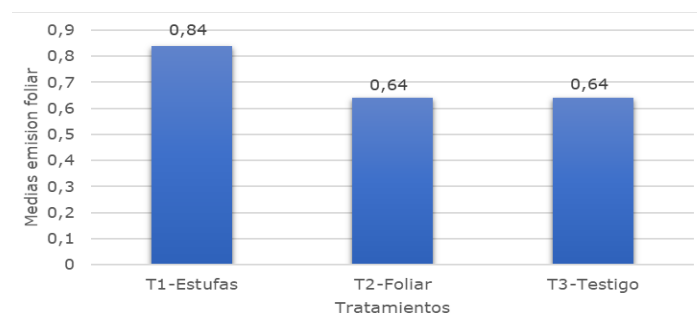


Emisión foliar: en relación con los diferentes tratamientos, los resultados son distintos en las medias. En esta variable predominó el Tratamiento 1 (T1-Estufas) con una media de 0,84 hojas/semana (Figura 5), demostrando la eficiencia de las estufas de combustión controlada para mejorar la emisión foliar en plantas de banano, por otro lado, las medias de los Tratamiento 2 (T2-Foliar) y

Tratamiento 3 (T3-Testigo) exhiben valores de las medias de 0,64, señalando una homogeneidad entre estos dos tratamientos que no son óptimos en el desarrollo de las plantas de banano, pudiéndose atribuir esta baja emisión foliar al fenómeno conocido como fotorrespiración en plantas C₃ a las que pertenece el banano, este es un proceso importante para la salud y el funcionamiento de estas plantas, pero tiene un costo en términos de energía y carbono, que causan retardo en su crecimiento y mal formación de inflorescencias y frutos. Puede ser considerada ineficiente desde el punto de vista de la producción de carbohidratos, ya que consume energía en lugar de generarla. Sin embargo, también es esencial para evitar la acumulación de productos tóxicos y mantener el equilibrio de carbono en la célula (Bauwe, et al., 2010).

La emisión foliar del T1 (0,84) resalta que en este tratamiento hubo mejor fotosíntesis y respiración gracias al incremento de temperatura y CO₂ por acción de las estufas prototipo. Esta media indica que las plantas sometidas al Tratamiento 1 (T1-Estufas) presentaron una tasa de emisión foliar superior. En contraste, los tratamientos T2 y T3 presentan tasas de emisión foliar bajas, sin diferencias entre estos.

Figura 5. Comportamiento de la variable emisión foliar

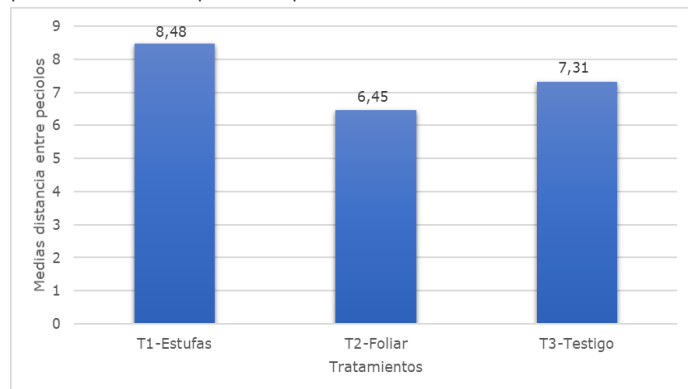


Distancia entre peciolo: se encontraron diferencias entre los tratamientos (Figura 6). Los resultados reflejan que el Tratamiento 1 (T1-Estufas) presenta una media de distancia entre peciolo de 8,48cm, mientras que el tratamiento T2-Foliar exhibe una media de 6,45 y el T3-Testigo una media de 7,31cm. Según Barrera et al., (2009) la disposición helicoidal y separación de las hojas de banano es una adaptación eficiente para maximizar la captación de luz solar y minimizar la sombra entre las hojas. La baja emisión foliar ocasionada por la obstrucción o arrepollamiento foliar, disminuye la posibilidad de que se desarrolle su correcta filotaxia espiral, ya que, al estar dispuestas de esta manera, las hojas pueden exponer una superficie máxima al sol para la fotosíntesis y evitar la obstrucción mutua de la luz. Además, esta disposición también permite que el agua de lluvia se escurra más fácilmente por el pseudotallo, lo que ayuda a prevenir la acumulación de agua en la base de la planta, lo que podría ser propicio para enfermedades y plagas.

Autores como Vargas et al., (2017) indican que la principal causa de la obstrucción foliar son las bajas temperaturas

produciendo un acortamiento entre peciolos. La mayor distancia entre peciolos en el T1 indica que el aumento de la temperatura en las horas más fría de la madrugada influyó en la separación de los peciolos en las plantas, debido al calor (CO₂) emitido por la combustión desarrollada de las estufas.

Figura 6. Comportamiento de la variable distancia entre peciolos en las plantas por tratamiento



Número de hojas: en los tratamientos, se observó que las medias varían entre ellos. T1-Estufas exhibe una media alta, con un promedio de 14,6 hojas, el T2-Foliar registra una media de 13,4 hojas, mientras que el T3-Testigo muestra una media de 13,8 hojas, tal como se muestran en la (Figura 7). Estos resultados coinciden con los expresados por Gowen, (2007) quien manifiesta que el número de hojas en un nivel dado del pseudotallo puede variar según la variedad de banano y las condiciones de crecimiento, pero generalmente suele haber alrededor de 12 a 20 hojas por nivel. Estas diferencias en las medias de hojas entre los tratamientos indican la existencia de variabilidad en la respuesta de las plantas ante las condiciones experimentales implementadas, lo cual señala que el uso de las estufas mejora la emisión foliar y el número de hojas por planta. La fotorrespiración es esencial en la planta, pues ayuda a facilitar la fotosíntesis y libera CO₂, (Turner et al., 2007) quienes señalan que la planta puede producir de 30 a 50 hojas o más pero solo se mantienen de 10 a 14 hojas fotosintéticamente activas fase fenológica en las plantas de banano especialmente antes y durante la floración y apertura de estas, hasta llegar a la cosecha.

Figura 7. Comportamiento de la variable de número de hojas por tratamiento

CONCLUSIONES

El uso de estufas de combustión controlada en plantaciones bananeras mostró resultados favorables en las variables de emisión foliar, distancia entre peciolos y número de hojas.

Los tratamientos evaluados demostraron que las variaciones de temperaturas ejercen una influencia significativa en el desarrollo de la planta, en relación a la problemática

de la obstrucción foliar en la planta de banano. El T1 resultó ser el mejor tratamiento en la mitigación de la obstrucción foliar con el uso de las estufas de combustión controlada en las plantaciones de banano

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, J. L., Cayón, G., & Robles, J. (2009). Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano 'Hartón' (Musa AAB Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 27. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100010
- Bauwe, H., Hagemann, M., & Fernie, A. (2010). Photorespiration: players, partners and origin. *Trends in Plant Science*, 15, 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.03.006>
- Domingues Lima, J., Mesczezen Drominiski, A., da Silva Rocha, C., Passos da Conceicao, M., Rozane Danilo, E., & Nardini Gomes, E. (2022). Arrepollamiento de banano asociado a variaciones climáticas y nutricionales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000300393&script=sci_arttext
- E. Torres, D. A. (2017). Basfoliar Frost Protect, una nueva herramienta para reducir los daños por heladas en frutales. *Fruticultura*(53), 44-53. https://www.researchgate.net/profile/Estanis-Torres/publication/314984260_BasfoliarR_Frost_Protect_una_nueva_herramienta_para_reducir_los_danos_por_heladas_en_frutales/links/5fa4141892851cc2869611cd/BasfoliarR-Frost-Protect-una-nueva-herramienta-para-redu
- Flexas, J., Bota, J., Galmés, J., Medrano, H., & Ribas Carbó, M. (2006). Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. *Physiología Plantarum*, 127, 343-352. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.2006.00621.x>
- Guaman Holguin, H. N. (2023). Efecto de la fertilización inyectada y diferentes dosis de enraizantes en el cultivo de banano. *Agroecosistemas*, 11, 84-90. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/600>
- Lambers, H., Raven, J., Shaver, G., & Smith, S. (2008). Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age. *Trends in ecology and evolution*, 23, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.008>
- Ledesma, M. (2023). ¿Se usa un termómetro especial? Te decimos cómo se mide la temperatura ambiental en México. Milenio, pág. 1. <https://www.milenio.com/estados/como-se-mide-la-temperatura-ambiental>

- León Armijos, F. L., Espinoza Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H., & Quezada Campoverde, J. M. (2022). Análisis económico de la producción bananera orgánica y convencional de la Parroquia la Iberia. *Dialnet*, 7, Vol 7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8331431>
- Macaroff, A., & Herrera, S. (2022). Estado del banano en Ecuador. Quito, Ecuador: Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) Ecuador. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/19562-20220927.pdf>
- Martínez Solórzano Gustavo y Rey Brina, J. (2021). Bananas (Musa AAA): Importance, production and trade in Covid-19 times. *Agronomía Mesoamericana*, 32, 1034-1046. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>
- Montaño Jiménez, C. A. (2021). Emisión foliar con aplicación de microorganismos benéficos en el cultivo de banano *Musa paradisiaca* L. en el cantón Pasaje, provincia El Oro. [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/re-dug/53222>
- Navarro, E. R. (2022). Aceite vegetal. atida mifarma. <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/aceite-vegetal/>
- Panigrahi, N., Thompson, A., Zobelzu, S., & Knox, J. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae*. (Vol. 276:109735). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442382030563X?via>
- Turner, D., Fortescue, J., & Thomas, D. (2007). Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). *SciELO*, 463-484. <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/w6fWfdQLYKrb-y3L5m6xnvMP/>
- Vargas Céspedes, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Costa Rica. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf>
- Vézina, A., & Baena, M. (2020). Morfología de la planta del banano. *Promusa*, 12-16. <https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2021). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3, 189-195. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/327>