

Influencia de la altitud en el sitio de producción sobre la tasa de respiración del banano Gros Michel (*Musa acuminata*)

Influence of altitude at the production site on the respiration rate of Gros Michel banana (Musa acuminata)

Paola GODOY^{1,*} & Ana Silvia COLMENARES¹

¹Departamento de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala 01015, GUATEMALA

*Correspondencia: Paola Godoy: (god19386@uvg.edu.gt)

Recibido: 21/IX/2024; Aceptado: 21/IV/2025

Resumen: El banano es un producto de alta importancia para Guatemala, especialmente porque en el país es el segundo producto agrícola con mayor exportación en volumen. Con la finalidad de explorar más sobre el banano Gros Michel (*Musa acuminata*), variedad que logró destacar por su sabor y vida útil y que ha vuelto a ser mencionada por su potencial en el mercado, se analizó la tasa de respiración de muestras cultivadas a diferentes altitudes: 400 msnm, 900 msnm y 1200 msnm. Se evaluó la tasa de respiración por su relación directa con la vida útil y calidad del producto. Las muestras se colocaron en recipientes plásticos durante un tiempo determinado para comparar la tasa respiratoria mediante la medición de la concentración de CO₂; se almacenaron en el mismo refrigerador procurando mantener las mismas condiciones. No se encontró diferencia entre la tasa de respiración de los bananos cultivados a 900 msnm (6.41 ppm CO₂/kg) y 1200 msnm (6.04 ppm CO₂/kg), sin embargo, estos dos si mostraron una diferencia con los bananos cultivados a 400 msnm (5.04 ppm CO₂/kg). Se recomienda continuar con el estudio de la influencia de la altitud en este producto, ya que puede convertirse en un factor de clasificación y posicionamiento en el mercado.

Palabras clave: condiciones de almacenamiento, fisiología del banano, Gros Michel (*Musa acuminata*), postcosecha, tasa de respiración.

Abstract: Bananas are a key agricultural product for Guatemala, ranking as the country's second-largest export by volume. To further explore the Gros Michel banana (*Musa acuminata*), a variety known for its flavor, shelf life, and growing market potential, the respiration rate of samples grown at different altitudes (400 masl, 900 masl, and 1,200 masl) was analyzed. Respiration rate was selected for its direct relationship with product shelf life and quality. The samples were placed in plastic containers for a specific period of time to compare the respiration rate by measuring CO₂ concentrations. To ensure consistency, all samples were stored in the same refrigerator under the same conditions. No difference was observed between the respiration rate of bananas grown at 900 masl (6.41 ppm CO₂/kg) and 1200 masl (6.04 ppm CO₂/kg). However, both showed a difference compared to bananas grown at 400 masl (5.04 ppm CO₂/kg). Further research is recommended to study the influence of altitude on banana respiration rates, as this factor could play a role in classification and market positioning.

Keywords: banana physiology, Gros Michel (*Musa acuminata*), postharvest, respiration rate, storage conditions.

INTRODUCCIÓN

Los bananos son el primer producto agrícola globalizado del mundo moderno y su importancia radica principalmente en constituir una fuente de crecimiento económico; sin embargo, también aporta en la seguridad alimentaria y nutrición en zonas rurales de países en vías de desarrollo (FAO 2020; Martínez-Solórzano & Rey-Brina 2021). La demanda del banano ha adquirido fuerza considerable a nivel mundial a partir del 2016, esperándose para el 2028 que domine la exportación de frutas, alcanzando un volumen de 22 millones de toneladas, siendo los mayores exportadores previstos Ecuador, Costa Rica y Guatemala (FAO 2020). Para 2022 la exportación mundial de bananos alcanzó los 19.6 millones de toneladas, aportando Guatemala un 12.6% a nivel mundial y un 41.3% a nivel centroamericano (FAO 2022). Tanta es su importancia en el país que es el segundo producto con mayor exportación en volumen después del azúcar (BANGUAT 2023a). Además, en 2022 el país obtuvo un ingreso anual de divisas por exportación de 937 millones de dólares estadounidenses, únicamente superado por las divisas obtenidas por la exportación de cardamomo (1,112 millones de dólares estadounidenses) (BANGUAT 2023b).

En la actualidad el banano con más presencia en el mercado es la variedad Cavendish. Sin embargo, en el pasado, antes de sufrir una de las epidemias de enfermedades más grande del mundo causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (ver Smith *et al.* 2018), la variedad Gros Michel era la variedad que destacaba, pues poseía un gran reconocimiento debido a sus racimos pesados y simétricos con fruta grande, color amarillo en su madurez, así como su buena palatabilidad y vida útil (Smith *et al.* 2018).

Las frutas son estructuras vivas que se encuentran sujetas a cambios debido a la continuación de la actividad metabólica incluso después de ser cosechadas. El proceso metabólico más importante después de la cosecha es la respiración; este proceso involucra el consumo de oxígeno (O_2), que por medio de una descomposición oxidativa logra transformar el almidón, azúcares y compuestos orgánicos en moléculas más simples, como el dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Esta transformación provoca una producción de energía en forma de calor. La tasa de respiración generalmente se expresa en términos de consumo de O_2 y la evolución de CO_2 por unidad de peso de producto por unidad de tiempo, también se puede expresar como calor liberado y pérdida de sustrato, como lo indica la pérdida de masa (Villamizar de Borrero 1984; Kandasamy 2022). La tasa de respiración (Ecuación 1) es un índice del cambio metabólico en el producto y es proporcional a la tasa de deterioro: cuanto mayor sea la tasa, más rápido será el deterioro (Kandasamy 2022). Los cambios en el banano que ocurren durante la maduración y gracias a la respiración incluyen un incremento en el contenido de azúcares,

ablandamiento de la pulpa, reducción de la astringencia, generación de compuestos volátiles y un cambio de color en la cáscara, pasando de verde a amarillo (Maduwanthi & Marapana 2021).



Ecuación 1. Representación de la respiración aerobia en plantas (Kandasamy 2022).

Equation 1. Representation of aerobic respiration in plants (Kandasamy 2022).

La altitud es un factor que afecta el crecimiento y rendimiento de los cultivares *Musa* (Brat *et al.* 2004; Ramírez *et al.* 2010a). Sin embargo, no existen publicaciones en el país que indaguen directamente en la posible diferencia de las concentraciones de CO_2 producidas por el banano Gros Michel debido a la altitud, información que se busca desarrollar en este artículo. Por lo tanto, el presente estudio tenía como objetivo evaluar la tasa de respiración de la variedad Gros Michel cultivado a diferentes altitudes, ya que la tasa de respiración es un factor que influye en la vida útil y calidad del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y selección de muestras. Se recolectaron 15 frutos de banano Gros Michel (*Musa acuminata*) en madurez fisiológica de tres diferentes fincas (cinco frutos de cada finca) ubicadas a 400 msnm (Antigua Guatemala, Sacatepéquez), 900 msnm (San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez) y 1,200 msnm (Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango). En las fincas las muestras se recolectaron en un único corte, buscando similitud en tamaño y menor cantidad de defectos graves como cortes, heridas profundas, magulladuras o daños por insectos (Archana & Sivachandiran 2015; Cruz-Ortiz *et al.* 2021). Se utilizaron distintos racimos para llegar al número de muestra requerido. Se trasladaron en canastas de plástico expuestas al medio ambiente al laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios (CEAA) de la Universidad del Valle de Guatemala y se almacenaron en un refrigerador marca Fogel modelo VR-17-Re-A-SSA con variación de temperatura de 16-21°C y humedad relativa (HR) de 52-78%.

Determinación de la tasa de respiración. Los cinco frutos de cada altitud (400, 900 y 1,200 msnm) se colocaron en tres diferentes recipientes de plástico, cerrados e identificados con la altitud a la que pertenecían. Estos se guardaron dentro del refrigerador con la finalidad de acercarse a las condiciones de exportación (temperatura a 12-14°C, 2-5% de O_2 , 2-5% de CO_2 y humedad relativa de 90-96%) (Castellanos *et al.* 2011; Ordoñez & Villavicencio 2022). La producción de dióxido de carbono (CO_2) se midió de lunes a viernes cada 24 horas

alizando la medición a las 7:00 a.m.), comenzando la medición un día después de introducir los bananos dentro de los recipientes. Se utilizó un registrador de datos de CO₂/temperatura/humedad modelo SD800 marca Extech. El equipo se configuró para registrar mediciones cada 30 segundos y se realizó un ajuste de compensación de altura de 1,500 metros (altura aproximada a la que se encuentra la Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, lugar donde se registraron los datos). Para la toma de datos se sacaron uno por uno los recipientes de plástico del refrigerador y se introdujo el sensor de CO₂ dentro de cada recipiente durante 5 min. La cubierta del recipiente se modificó creando una abertura que facilitaba el ingreso y salida del sensor de CO₂, buscando a su vez evitar la pérdida de gases. Además se realizaron mediciones de temperatura y HR del interior de los recipientes; para eso se utilizó el termómetro e higrómetro marca Fluke modelo 971 (Bolívar-Fernández *et al.* 2011; Rolz Asturias 2011). Las muestras permanecieron durante 15 días en el refrigerador, lográndose recabar 11 mediciones (una medición por día).

Análisis de datos. Se siguió la metodología de Cruz-Ortiz *et al.* (2021) aplicando las siguientes modificaciones: (1) se comprobó que los datos cumplieran con el supuesto de normalidad, (2) se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para determinar si existía una diferencia significativa entre las medianas de concentración de CO₂ debido a la altitud, (3) se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para conocer cuáles grupos eran significativamente diferentes entre sí y (4) se utilizó el programa IBM SPSS Statistics para llevar a cabo los análisis.

RESULTADOS

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis indicaron una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de concentración de CO₂ debido a la altitud. La prueba de Tukey determinó que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de la concentración de CO₂ a 900 msnm (6.41 ppm CO₂/kg) y a 1,200 msnm (6.04 ppm CO₂/kg), pero si entre estas dos altitudes y la mediana de 400 msnm (5.04 ppm CO₂/kg) (Fig. 1).

La concentración de CO₂ dentro de los recipientes aumentó con el transcurso del tiempo, esto independientemente de la altitud que se analiza (Fig. 2).

Las muestras aumentaron su tamaño proporcionalmente con el aumento de la altitud, siendo las muestras de 400 msnm las de menor tamaño y las muestras de 1,200 msnm las de mayor tamaño (Fig. 3).

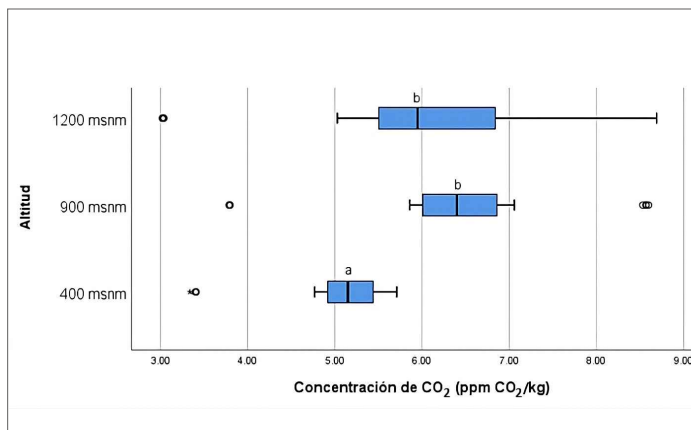


Figura 1. Comparaciones múltiples de medianas de la concentración de CO₂ del banano Gros Michel cultivado a tres diferentes altitudes.
Figure 1. Median multiple comparisons of CO₂ concentration of Gros Michel bananas grown at three different altitudes.

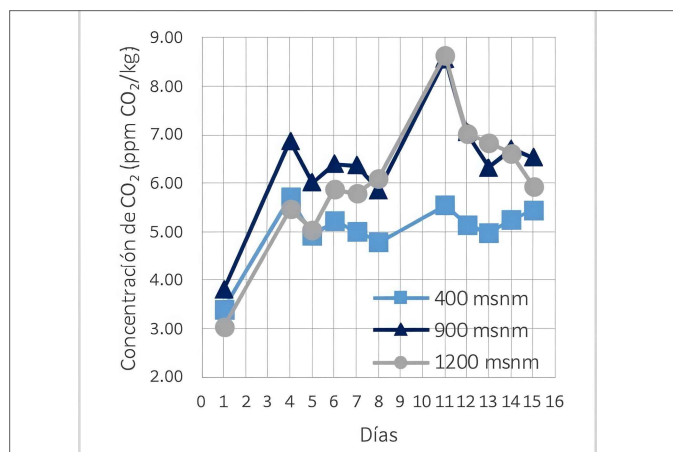


Figura 2. Concentración de CO₂ promedio dentro de los recipientes a través del tiempo para banano Gros Michel cultivado a tres diferentes altitudes.
Figure 2. Average CO₂ concentration inside the containers over time for Gros Michel bananas grown at three different altitudes.



Figura 3. Diferencia en el tamaño del banano Gros Michel cultivado a tres diferentes altitudes. Izquierda: 400 msnm, centro: 900 msnm, derecha: 1,200 msnm.
Figure 3. Differences in the size of Gros Michel bananas grown at three different altitudes. Left: 400 masl, center: 900 masl, right: 1,200 masl.

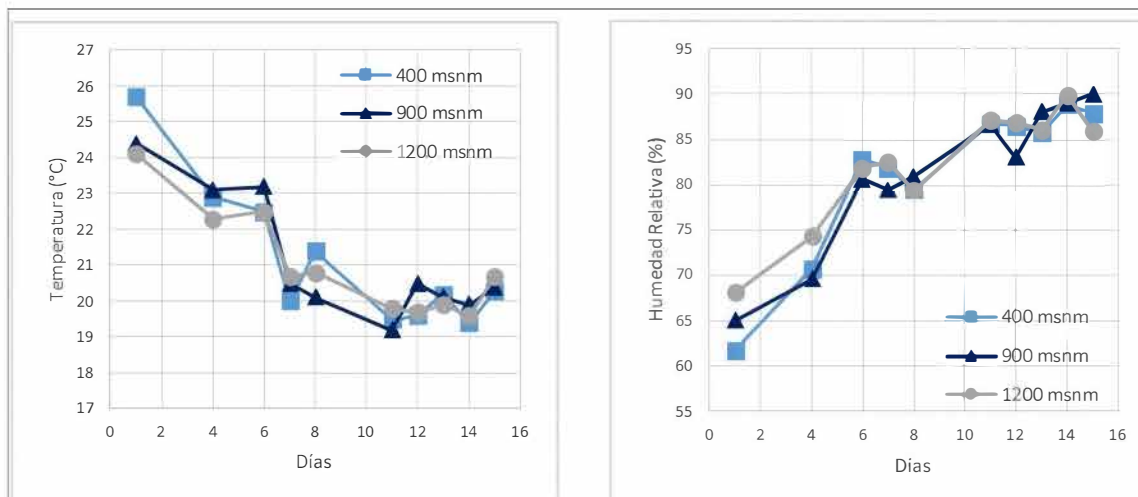


Figura 4. Temperatura y humedad relativa dentro de los recipientes que contenían las muestras de banana Gros Michel cultivado a tres diferentes altitudes.
Figure 4. Temperature and relative humidity inside the containers holding Gros Michel banana samples grown at three different altitudes.

Por último, la comparación de las variables de temperatura y HR dentro de los recipientes reveló que la temperatura disminuyó a través del tiempo, mientras que la HR aumentó, lo que aplicó para todas las muestras independientemente de la altitud (Fig. 4).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indicaron que sí existe diferencia significativa entre las medianas en la concentración de CO_2 debido a la altitud. Se encontró en las medianas puntos atípicos entre 3-4 ppm CO_2/kg (Fig. 1) lo que se debe a que al no introducir el sensor de CO_2 durante los fines de semana el gas se acumuló dentro del recipiente, notándose con mayor facilidad en Fig. 2, pues de los días 1 al 4 y 8 al 11 hubo aumentos graduales visualmente notorios en la curva. A medida que pasa el tiempo se esperaría que aumente la concentración de CO_2 , pues el CO_2 es un producto de la respiración de cualquier fruta o vegetal (Ecuación 1) (Castellanos *et al.* 2011). Sin embargo, también se presentan ocasionalmente disminuciones en las concentraciones de CO_2 en los días siguientes al día 4 y 11, y esto pudo ser ocasionado por dos factores: (1) la pérdida de gases debido a la apertura del recipiente al introducir el sensor y (2) insuficiente O_2 en el ambiente (interior del recipiente plástico) para llevar a cabo la respiración y producir más CO_2 . Estos factores tienen un impacto en los resultados, por lo tanto terminan afectando el nivel de incertidumbre. Se tiene que tener en consideración estos factores para pruebas futuras.

Todas las muestras fueron sacadas de sus recipientes plásticos en el día 15 y tenían un olor y sabor desagradable, lo que se ocasiona al exponer el producto a concentraciones de O_2 inferiores al 1%, ya que se favorecen reacciones anaerobias

dando como resultado compuestos indeseables como alcoholes, aldehídos y ácidos orgánicos (Castellanos *et al.* 2011). Por lo tanto, se puede deducir que al final del experimento las muestras se encontraban saturadas de CO_2 .

Figura 4 demuestra el aspecto físico de las muestras, siendo los bananos que se cultivaron a 1,200 msnm los que tienen un mayor tamaño en comparación con los bananos cultivados a 900 msnm y 400 msnm. La variación fenotípica, definida como la aparición de diferencias entre individuos de la misma especie, puede atribuirse a diferencias en la composición genética o al entorno en el que crecen; en el caso del presente estudio sería la segunda opción (Mkwezalamba *et al.* 2015). Se ha reportado que la altitud, clima (temperatura, humedad y viento) y tipo de suelo (pH, textura y fertilidad) pueden afectar tanto el crecimiento como el rendimiento de los cultivos *Musa* (Hiariej *et al.* 2015; Sivirhauma *et al.* 2016; Nofal & Rezk 2021; Nakato *et al.* 2023). De hecho, se ha encontrado que en condiciones más frías y de mayores altitudes (existe una disminución de 0.6-0.7°C por cada 100 m), el desarrollo de los frutos puede prolongarse y el tiempo de cosecha aumenta, generándose frutos de mayor tamaño y mejor calidad (Ramírez *et al.* 2010b; Fischer *et al.* 2022). Por lo tanto, se concluye que el cambio en los factores ambientales a 1,200 msnm favorece el aumento de tamaño en el banana Gros Michel.

La tasa respiratoria de una fruta depende de múltiples factores, entre ellos: la relación superficie-volumen, la HR y temperatura durante el almacenamiento, el movimiento y circulación de aire y la condición y estructura de la superficie de la fruta (Vijay & Pandey 2014). En cuanto a la relación superficie-volumen, se ha encontrado que generalmente cuando se tiene una relación mayor entre el área de superficie y volumen, se tiene una pérdida mayor de agua

por evaporación (El-Ramady *et al.* 2015). Por lo tanto, los frutos de menor tamaño tienden a perder más agua que los de mayor tamaño. La HR y temperatura también tienen influencia en la respiración, pues mientras menor sea la HR y mayor sea la temperatura mayor será la respiración (Botía-Niño *et al.* 2008). Independientemente de la muestra la temperatura disminuyó y la HR aumentó (Fig. 4); esto concuerda con la teoría, pues al llevarse a cabo el proceso metabólico de la respiración se produce agua como uno de sus productos, logrando acumularse agua en el ambiente y al mismo tiempo ayudando a disminuir la temperatura (Castellanos *et al.* 2011). En el presente estudio no se encontró una diferencia notoria de estas variables (HR y temperatura) entre muestras (Fig. 4), y por lo tanto se asume que estos factores no influyeron en los resultados. Esto también aplica para el movimiento o circulación de aire, pues al mantener los recipientes cerrados, este factor no pudo influir en los resultados.

Teniendo en consideración lo expuesto con anterioridad, se esperaría que los bananos de menor tamaño (400 msnm y 900 msnm) tengan una mayor tasa de respiración. Esto no ocurrió debido a la condición y estructura de la superficie de las muestras analizadas. Las tres muestras contaron con lesiones (Fig. 3), especialmente la de 1,200 msnm. Una lesión o daño provoca el aumento de la respiración, producción de etileno, producción de fenólicos y el deterioro de las células cercanas a la lesión (El-Ramady *et al.* 2015). Por esta razón, no resulta extraño que la muestra de 1,200 msnm tenga una mayor respiración en comparación con la muestra de 400 msnm y de 900 msnm.

Aunque no fue parte de este estudio, observaciones en campo por parte de agricultores e investigadores indicaron que la altura puede provocar una mayor concentración de azúcares en la fruta, siendo más dulce y por lo tanto, más apetecible para el consumidor (Ramírez *et al.* 2010a). También se ha visto que la composición de volátiles depende en gran medida de factores geográficos como la altitud (Brat *et al.* 2004), siendo las características sensoriales de los bananos cultivados a gran altitud diferentes de los cultivados en llanura. En un estudio realizado en cultivares Robusta se encontró que al aumentar la altitud aumenta la concentración de cetonas, alcoholes, ésteres y derivados de éteres de fenol, presentándose una diferencia únicamente en ésteres al continuar la maduración (Brat *et al.* 2004). Por lo tanto, se recomienda continuar con el estudio de la influencia de la altitud en este producto, ya que puede convertirse en un factor de clasificación y posicionamiento en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

A la Lcda. Ruballos, pues su apoyo fue vital para el desarrollo del artículo.

REFERENCIAS

- Archana, U. & Sivachandiran, S. (2015). Effect of application of gibberellic acid (GA3) on shelf-life on banana. *International Journal of Research in Agriculture and Food Sciences* 3(1): 2311-2476.
- BANGUAT (Banco de Guatemala). 2023a. *Cuadro 1. Guatemala: Valor (FOB), volumen y precio medio de los 25 principales productos de exportación. Comercio General. A Enero de cada año.* [<http://banguat.gob.gt/page/cuadro-1-1>]. Accesado: 04 de abril 2025.
- BANGUAT (Banco de Guatemala). 2023b. *Ingreso Mensual de Divisas por Exportaciones, 2016-2022.* [<https://banguat.gob.gt/es/page/ingreso-mensual-de-divisas-por-exportaciones-2016-2022>]. Accesado: 04 de abril 2025.
- Bolívar-Fernández, N., Saucedo-Veloz, C. & Sauri-Duch, E. 2011. Respiración y parámetros relacionados durante la maduración del chicozapote cosechado en la península de Yucatán. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33: 261-266. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500032>
- Botía-Niño, Y., Almanza-Merchán, P. & Balaguera-López, H. E. (2008). Efecto de la temperatura sobre la maduración complementaria en curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 11(2): 187-196.
- Brat, P., Yahia, A., Chillet, M., Bugaud, C., Bakry, F., Reynes, M. & Brillouet, J. (2004). Influence of cultivar, growth altitude and maturity stage on banana volatile compound composition. *Fruits* 59(2): 75-82. <https://doi.org/10.1051/fruits:2004007>
- Castellanos, D. A., Algecira, N. A. & Villota, C. P. (2011). Aspectos relevantes en el almacenamiento de bananos en empaques con atmósferas modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 12(2): 114-134.
- Cruz-Ortiz, L., Escobar-Ventura, K., Flores-Méndez, M., Urbina-Reyes, M. & Vásquez-Ovando, A. (2021). Recubrimiento con cera de abeja, extractos de ajo y sauce para aumentar la vida postcosecha del banano Gran Enano. *Informador Técnico* 85(2): 172-183.
- El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, E., Abdalla, N. A., Taha, H. S. & Fári, M. (2015). Postharvest management of fruits and vegetables storage. In: *Sustainable agriculture reviews*, Lichtfouse, E. (ed.), Springer, Cham, Switzerland; pp 65-152. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_2
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020). *Perspectivas a mediano plazo: perspectivas para la producción y el comercio mundial de bananos y frutas tropicales 2019-2028.* FAO, Roma. [<https://www.fao.org/3/ca7568es/CA7568ES.pdf>]. Accesado 4 de abril 2025.
- FAO. (2022). *Banana maet review preliminary results 2022.* FAO, Roma. [<https://www.fao.org/3/cc3421en/cc3421en.pdf>]. Accesado 4 de abril 2025.
- Fischer, G., Parra-Coronado, A. & Balaguera-López, H. (2022). Altitude as a determinant of fruit quality with emphasis on the Andean tropics of Colombia. A review. *Agronomía Colombiana* 40(2): 212-227. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n2.101854>
- Hiariej, A., Arumingtyas, E. L., Widoretno, W. & Azrianingsih, R. (2015). Phenotypic variation of Fei banana (*Musa troglodytarum* L.) originated from Maluku Islands. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 6(2): 652-658.
- Kandasamy, P. (2022). Respiration rate of fruits and vegetables for modified atmosphere packaging: a mathematical approach. *Journal of Postharvest Technology* 10(1): 88-102.

- Maduwanthi, S. D. T. & Marapana, R. A. U. J. (2021). Comparison of pigments and some physicochemical properties of banana as affected by ethephon and acetylene induced ripening. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 33: 101997. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101997>
- Martínez-Solórzano, G. E. & Rey-Brina, J. C. (2021). Bananas (*Musa* AAA): Importance, production and trade in Covid-19 times. *Agronomía Mesoamericana* 32(2): 1034-1046. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>
- Mkwezalamba, I., Munthali, C. & Missanjo, E. (2015). Phenotypic variation in fruit morphology among provenances of *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. *International Journal of Forestry Research* 2015: 735418. <https://doi.org/10.1155/2015/735418>
- Nakato, G. V., Okonya, J. S., Kantungeko, D., Ocimati, W., Mahuku, G., Legg, J. P. & Blomme, G. (2023). Influence of altitude as a proxy for temperature on key *Musa* pests and diseases in watershed areas of Burundi and Rwanda. *Heliyon* 9(3): e13854. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13854>
- Nofal, O. A. & Rezk, A. I. (2021). Some factors affecting the yield and quality of banana: A review. *Science Archives* 2(3): 207-2011. <http://dx.doi.org/10.47587/SA.2021.2309>
- Ordoñez, R. S. & Villavicencio, J. I. (2022). *Plan de exportación de banano orgánico de la variedad (Cavendish Valery) hacia Estados Unidos*. Tesis de Ingeniería, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. [\[https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/69010e71-bf79-4c3e-a13b-9bc6c9e2623d/content\]](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/69010e71-bf79-4c3e-a13b-9bc6c9e2623d/content) Accesado: 04 de abril 2025.
- Ramírez, C., Tapia, A. C. & Brenes, S. (2010b). Desarrollo del ciclo productivo y ubicación geográfica del banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales* 11(20): 92-106.
- Ramírez, C., Tapia, A. C. & Calvo, P. C. (2010a). Evaluación de la calidad de fruta banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales* 11(20): 107-127.
- Rolz Asturias, C. E. (2011). *Estudio post cosecha y procesamiento mínimo de frutas. Proyecto FODECYT No. 069-2007*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología y Universidad del Valle de Guatemala.
- Sivirihauma, C., Blomme, G., Ocimati, W., Vutseme, L., Sikyolo, I., Valimuzigha, K., De Langhe, E. & Turner, D. W. (2016). *Altitude effect on plantain growth and yield during four production cycles in North Kivu, Eastern Democratic Republic of Congo*. In: *Proceedings. IX International Symposium on banana: ISHS-ProMusa symposium on unravelling the banana's genomic potential*, Smith, M., Bergh, I. van den & Picq, C. (eds), Acta Horticulturae 1114: 139-148.
- Smith, M. K., Daniells, J. W., Peasley, D., O'Neill, W., Samuelian, S., Wright, C. & Drenth, A. (2018). Field evaluation of six Gros Michel banana accessions (*Musa* spp., AAA group) for agronomic performance, resistance to Fusarium wilt race 1 and yellow Sigatoka. *Crop Protection* 113(2018): 84-89. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.07.009>
- Vijay, P. & Pandey, R. (2014). Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability - a review. *Journal of Food Science and Technology* 51(7): 1223-1250. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0583-x>
- Villamizar de Borrero, F. (1984). *Fisiología de maduración postcosecha de banano variedad Nanica (Musa cavendishii)*. *Ingeniería e Investigación*, (8): 25-33. [\[https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/19482\]](https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/19482). Accesado 4 de abril 2025.