

Efectos de dos sistemas de producción en el contenido de minerales en el fruto de *Musa* AAB Simmonds

Effects of two production systems in the mineral content in the fruit of *Musa* AAB Simmonds

José Luis Barrera-Violeth^{1*}, Katty Julia Guerra-Hernández^{2†}, y Marcela Lucía Mizger-Pacheco^{2‡}

¹Docente investigador, Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural, Universidad de Córdoba, líder Grupo de Investigaciones en Agricultura Sostenible. Carrera 6 No.76-103, Código Postal 354, Montería, Córdoba, Colombia.

²Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia.

*Autor para correspondencia: jbarraera11@gmail.com; †kjulia@hotmail.com; ‡mlmizguer@hotmail.com

Rec.: 10.05.11 Acept.: 23.12.11

Resumen

Los sistemas de producción orgánico y/o ecológico tienen como objetivo garantizar la sostenibilidad y la renovación de base natural, mediante la limitación del uso de productos de síntesis química para favorecer el ambiente y la salud humana. Teniendo en cuenta estas características, se estudió el efecto de los sistemas de producción orgánico y convencional sobre el contenido de nutrientes minerales del fruto del plátano Hartón (*Musa* AAB Simmonds), durante el proceso de maduración. Las determinaciones se realizaron en la Universidad de Córdoba (Montería, Colombia) con el fin de establecer las diferencias en el contenido de minerales en los frutos en ambos sistemas y en diferentes estados de maduración. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 5 y cinco repeticiones. Los factores fueron: sistema de producción y estado de maduración; los cinco niveles del segundo factor correspondieron a los grados de maduración: verde-oscuro (V), verde-claro (VC), amarillo-verde (AV), amarillo (A) y muy amarillo (MA). Los resultados obtenidos muestran que entre ambos sistemas de producción y en distintos grados de maduración, se presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) en los contenidos de calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro y zinc.

Palabras clave: Agricultura orgánica y química, calidad nutricional, minerales, poscosecha.

Abstract

Organic production systems and/or ecological aim to ensure the sustainability and renewal of natural base by limiting chemical synthesis products favoring the environment and human health due to these benefits, we studied the effect of systems organic and conventional production on mineral nutrient content of the fruit of plantain (*Musa* AAB Simmonds) during the ripening process. Measurements were performed at the University of Córdoba (Montería, Colombia) in order to differentiate between the two systems, in varying states of maturity. A complete randomized design with 2 x 5 factorial arrangements with five replications was used. The factors were: production system and state of maturity, the five levels of the second factor corresponded to the following levels of maturity: dark green (V), green (VC), yellow-green (AV), yellow (A) and very yellow (MA). The results showed that the two production systems in different degrees of maturity had significant differences in Calcium, Magnesium, Potassium, Sodium, Iron and Zinc contents.

Key words: Minerals, nutritional quality, organic agriculture and chemicals, post-harvest.

Introducción

La agricultura orgánica se define como el sistema de producción que integra los aspectos agronómicos, económicos y sociales, sobre la base de la utilización de insumos agrícolas naturales como estiércoles, reciclaje de rastrojos de vegetales, abonos verdes y polvos minerales, que facilitan la conservación de la biota, mejoran la fertilidad del suelo y, en general, disminuyen los impactos ambientales negativos (Laprade-Coto y Ruiz-Barrantes, 1998). En Colombia el concepto de agricultura ecológica es definido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2006) como todo sistema agrícola que promueve la producción ambiental, social y económicamente sostenible de alimentos, lo cual debe ocurrir sin la utilización de insumos de síntesis química y tomando la fertilidad del suelo como elemento fundamental para la producción exitosa, respetando la capacidad natural de las plantas, los animales y los suelos para optimizar la calidad en todos los aspectos de la agricultura y el ambiente. El modelo de agricultura convencional se basa en el control biocida de plagas utilizando pesticidas sintéticos, por lo cual no es sostenible, ya que satisface algunas de las necesidades del ser humano en cuanto a alimento, pero lo hace a un alto costo en consumo y deterioro de recursos que son limitados. Al mismo tiempo, causa daños colaterales a la salud del hombre y al medio ambiente, siendo necesario consumir aún más los ya limitados recursos disponibles. La agricultura orgánica, en procura de llegar al balance y equilibrio necesarios para un desarrollo sostenible, busca armonizar la necesidad de producir alimentos con los recursos limitados del ecosistema, dentro de una visión económica, social y ambiental (Rosales *et ál.*, 1998).

Los frutos de las musáceas se caracterizan por tener un alto contenido de minerales. La concentración de la mayoría de elementos minerales es mayor en la pulpa de los frutos de plátano que de banano. La pulpa seca del fruto de plátano al momento de la cosecha contiene 0.28% de nitrógeno (N), 0.07% de fósforo (P), 1.1% de potasio (K), 0.06% de calcio (Ca), 0.12% de magnesio (Mg), 20 – 40 ppm de hierro (Fe) y 2.5 ppm de Zinc (Zn).

El contenido total de nitrógeno en la pulpa permanece constante una vez que el fruto ha sido removido de la planta madre y es extremadamente bajo en los frutos maduros (Cayón *et ál.*, 2000).

Estudios realizados por Arrieta *et ál.* (2006) en plátano "Papocho" (*Musa* ABB), para evaluar el efecto de la época de cosecha sobre las características fisicoquímicas del fruto, permitieron observar diferencias apreciables en los valores de la concentración de humedad, largo, grosor, perímetro, contenido de azúcares y pH. Estas diferencias se mantienen durante el proceso de maduración y se explican en función de las condiciones ambientales del cultivo. Otros trabajos reportan que el número de hojas o las condiciones ambientales durante el llenado afectan significativamente las variables de producción y las características físicas del fruto durante la maduración (Barrera *et ál.*, 2009; Arcila *et ál.*, 2000).

Ante el desconocimiento de las características químicas de los frutos de plátano obtenidos en un sistema de producción orgánico, el objetivo del experimento fue establecer las diferencias en el contenido de nutrientes minerales durante el proceso de maduración del plátano Hartón en los sistemas de producción orgánicos y/o ecológicos y convencionales. Así, se busca brindar información a los productores y consumidores acerca del contenido nutricional del fruto, según el sistema de producción utilizado.

Materiales y métodos

Los frutos utilizados para la investigación se cosecharon en dos lotes de plátano comerciales del municipio de Tierralta, Córdoba, en los cuales se implementaron técnicas de producción diferentes, a saber, orgánica y/o ecológica. En esta se estableció y se manejó agrónomicamente el cultivo para cumplir estrictamente la reglamentación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (2006), para la producción ecológica y certificado por una empresa acreditada nacionalmente para tal fin y en el sistema convencional se utilizaron productos de síntesis química para todos los procesos agronómicos, durante el año 2009, en cada lote fueron se-

leccionados diez racimos de plátano Hartón al azar, de la misma edad o estado de desarrollo, y de cada uno se eligieron las manos 1^a, 3^a y 5^a para el estudio. Los tratamientos consistieron en los dos sistemas de producción señalados y los estados de maduración de los frutos descritos por Cayón *et ál.* (2000). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en arreglo factorial 2 x 5 y cinco repeticiones por cada tratamiento; los dos factores fueron los dos sistemas de producción (orgánico y convencional) y los cinco estados de madurez de los frutos mencionados anteriormente y descritos así: verde oscuro (V), verde claro (VC), amarillo-verde (AV), amarillo (A) y muy amarillo (MA), de acuerdo con la escala de color para la maduración del banano, propuesta por Von Loesecke (1950) y adaptada para plátano Hartón (Cayón *et ál.*, 2000).

Los racimos se almacenaron para que continuaran su proceso de maduración, a una temperatura de 28 °C y 85% de humedad relativa en la planta piloto de la Universidad de Córdoba sede Berástegui, ubicada a 8° 40' 26" N y 75° 40' 44" O. Se rechazaron las unidades que presentaron daños físicos y se realizó un lavado de los frutos, para mejorar los restos florales y que escurre encima de ellos después de cortados, y se removieron de partículas extrañas en la superficie de los plátanos (tierra, barro, fungicidas y microorganismos) mediante inmersión en agua potable y un agente germicida (Cloro 200 ppm) durante unos segundos (Ortega *et ál.*, 2004).

Se determinaron los nutrientes minerales mayores y menores (por vía húmeda) en la pulpa del fruto. Los análisis se realizaron en el espectrofotómetro Perkin Elmer modelo 3110 del laboratorio de aguas de la Universidad de Córdoba (Barrera, 2004).

La información obtenida se procesó en el programa estadístico XLSTAT (2008); realizando análisis de varianza de acuerdo con el diseño, validando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y posteriormente se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey con un margen de significancia $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

Contenido de minerales

Calcio: Se revelaron efectos para la interacción de sistemas de producción*estados de maduración (Cuadro 1). En el Cuadro 2, se observa que el contenido de calcio fue mayor en el sistema orgánico y se incrementa a medida que avanza el proceso de maduración del fruto, el sistema convencional mostró un comportamiento diferente observándose sus mayores niveles al inicio y final de la maduración, lo cual permite inferir que el sistema orgánico y/o ecológico brinda mejor calidad nutricional al consumidor y características agronómicas como mayor tolerancia a enfermedades, de acuerdo con Parra *et ál.* (2008), quienes reportaron que cuando se incrementaron las concentraciones de calcio en las soluciones nutritivas se redujo significativamente la presencia de enfermedades en el fruto, presentándose menor cantidad de frutos afectados por planta. También estos resultados son similares a los reportados por Pérez-Pérez *et ál.* (2008), quienes observaron que el contenido de calcio fue superior en frutos sanos y menor en los enfermos, lo cual demuestra la importancia de este elemento en el manejo y calidad poscosecha del fruto.

Magnesio: La interacción sistemas de producción-estados de maduración reportó

Cuadro 1. Efecto de los sistemas de producción y estados de madurez en el contenido de minerales en el fruto.

Variables	R ²	CV (%)	Anova Valor - P			Normalidad	Homogeneidad
			Estado	Tratamiento	Trat * Est		
Ca	0.68	21.89	0.00016*	<0.0001	0.032	0.653	0.014
Mg	0.653	11.83	0.0003*	0.0003	< 0.0001	0.94	0.028
K	0.483	25.05	0.001*	0.038	0.0001	0.017	0.018
Na	0.196	22.1	0.079	0.04	0.055	0.012	0.011
Fe	0.268	22.02	0.475	0.028	0.004	0.187	0.012
Zn	0.463	22.05	0.244	<0.0001	0.0004	0.098	0.031

* Prueba F significativa (P < 0.05).

Cuadro 2. Contenido de minerales en los tratamientos orgánico y convencional.

Minerales	V	VC	AV	A	MA
Calcio (%)					
T ₁	0.023 bcd	0.030 abc	0.029 abc	0.045 a	0.032 ab
T ₂	0.015 d	0.009 d	0.007 d	0.007 d	0.026 bc
Magnesio (%)					
T ₁	0.050 c	0.062 bc	0.049 c	0.076 ab	0.083 a
T ₂	0.062 bc	0.052 c	0.057 c	0.050 c	0.054 c
Potasio(ppm)					
T ₁	0.206 bc	0.422 ab	0.686 a	0.351 abc	0.167 bc
T ₂	0.059 c	0.246 bc	0.269 bc	0.391 abc	0.514 ab
Sodio (ppm)					
T ₁	0.551 ab	0.460 ab	0.627 ab	0.568 ab	0.704 a
T ₂	0.666 ab	0.540 ab	0.519 ab	0.390 b	0.545 ab
Hierro (ppm)					
T ₁	17.6 ab	10.40 ab	15.2 ab	24.8 a	7.2 a
T ₂	12.8 ab	8.4 ab	5.2 b	4 b	17.6 ab
Zinc (ppm)					
T ₁	10 b	12.8 ab	9.6 b	26.4 a	6.4 b
T ₂	7.2 b	5.6 b	4 b	4 b	10.4 b

T₁: Orgánico; T₂: Convencional; V: verde; VC: verde-claro; AV: amarillo-verde; A: amarillo; MA: muy amarillo.

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

diferencias significativas en el contenido de magnesio (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se evidencia que el contenido de magnesio varía significativamente durante el proceso de maduración, y se observan incrementos de este elemento esencial hacia el final del proceso de maduración. Para el sistema orgánico y/o ecológico y el sistema convencional presenta incrementos significativos en el estado verde y disminuyen su contenido en el resto de los estados reportando la misma similitud estadística. También es importante resaltar que el sistema de producción orgánica y/o ecológica reportó mayor contenido de magnesio al final de la maduración con respecto al sistema convencional, lo que favorece la calidad nutricional de estos frutos, resultados que permiten inferir que el sistema orgánico y/o ecológico facilita una mejor redistribución de este mineral hacia los órganos de importancia económica de la planta. En este mismo sentido, Pérez-Pérez *et ál.* (2008) observaron que las aplicaciones de sulfato de calcio y materia orgánica en guayaba, combinadas o individuales, incrementaron significativamente el contenido de este mineral en frutos sanos lo que favorece su calidad nutricional; bajos

contenidos de este mineral fueron encontrados en frutos enfermos con el hongo *Dothiorella* sp.

Potasio: Se reportaron variaciones significativas para la interacción sistemas de producción-estados de madurez (Cuadro 1) y se evidenciaron incrementos en el contenido de potasio hasta el estado amarillo y decrementos hacia el final de la maduración. Los frutos procedentes del sistema convencional presentaron mayor contenido de potasio en la mayoría de los estados de madurez debido a las aplicaciones altas de este elemento en el cultivo (Cuadro 2). Estos resultados permiten inferir que el contenido de K en el suelo y su disponibilidad favorecen su absorción de acuerdo con lo reportado por Barrera *et ál.* (2008), quienes observaron que el mayor contenido de este mineral en la planta de plátano fue alto en las épocas lluviosa y seca, pero la mayor concentración se obtuvo en la época lluviosa, por el favorecimiento de su disponibilidad en la solución del suelo. Cayón y Bolaños (1999), al evaluar el efecto de la remoción de hojas sobre la distribución de elementos minerales en el fruto y raquis de dominico Hartón, también observaron que la concentración de este mineral fue similar

en las plantas que conservaron hojas funcionales y se incrementó cuando se efectuó un deshoje total, lo cual indica que la concentración de este elemento en el fruto está más correlacionada con la actividad fisiológica de la planta y que ésta lo acumula en órganos de almacenamiento, en condiciones extremas o poco favorables. En general, los contenidos reportados en ambos sistemas de producción fueron inferiores a los entregados por Cayón y Bolaños (1999).

Sodio: El contenido de sodio reportó diferencias significativas entre los sistemas de producción (Cuadro 1). Se observó que en ambos sistemas de producción orgánica y/o ecológica hubo valores fluctuantes en los estados de maduración evaluados. Solo se evidencian contenidos superiores de este elemento hacia el final del proceso de maduración para el sistema orgánico y/o ecológico; para el sistema convencional el contenido mayoritario se reporta al inicio de la maduración a pesar de observarse igual similitud para los estados de maduración siguientes (Cuadro 2). Estos contenidos presentan similitud con los reportados por Barrera (2004).

Hierro: Se observaron diferencias significativas para la interacción sistemas de producción-estado de maduración (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se observa que el contenido de hierro presentó un comportamiento variable en ambos sistemas. El sistema orgánico y/o ecológico reportó mayores contenidos de este mineral en los cuatro estados iniciales de la maduración con respecto al sistema convencional y disminuye su contenido al estado final de la maduración. El sistema de producción convencional reporta mayores contenidos al inicio y final de la maduración; para ambos sistemas el contenido de Fe fue inferior a los reportados por Barrera (2004) para el Clon Dominicó Hartón. Estos resultados difieren de lo reportado por Belalcázar *et ál.* (1991) quienes afirman que el contenido de este mineral está más relacionado con las etapas iniciales del llenado del fruto en la cual se reportan los mayores contenidos y disminuyen hacia la etapa final del llenado o madurez comercial.

Zinc: El análisis de varianza reporta diferencias significativas para la interacción

sistemas de producción-estados de maduración del fruto (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se observa que el contenido de Zn presenta variaciones a medida que transcurren los estados de madurez y se destaca el sistema de producción orgánico al reportar mayor contenido de este elemento durante la maduración. Este sistema de producción, favorece la absorción de este elemento gracias a la nutrición equilibrada, en contraste generalmente con el sistema convencional que presenta deficiencias de este nutriente mineral esencial. Los resultados revelan similitud con los reportados por Cayón y Bolaños (1999) de 11 mg/kg de este nutriente mineral. No obstante, Barrera (2004) encontró mayores contenidos de zinc en ambos sistemas que los reportados en este ensayo y no observó efectos significativos del cubrimiento de las hojas sobre el contenido de este elemento.

Conclusión

El sistema de producción orgánico y/o ecológico de plátano Hartón afecta el contenido de minerales en la pulpa del fruto al alcanzar generalmente mayores valores que en el sistema convencional. Se exceptúa el contenido de potasio que fue favorecido por este sistema de producción, lo cual permite mejorar la calidad del producto para el consumidor final.

Agradecimientos

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a Guillermo Arrazola Paternina PhD, Gerardo Cayón Salinas MSc y Elkin Yabid Agámez (biólogo) por sus valiosos aportes en el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Arcila, M.; Giraldo, G.; y Duarte, J. 2000. Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físicas y químicas durante la maduración del fruto de plátano Dominicó-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) en la zona cafetera central. En: Cayón, G. (Ed.). Poscosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. CORPOICA. Comité de cafeteros del Quindío. Universidad del Quindío. Asiplat-Colciencias, FUDESCO. Armenia (Colombia). Pp. 101-124.

- Arrieta, A.; Baquero, U.; y Barrera, J. 2006. Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano 'Papocho' (*Musa* ABB Simmonds). *Rev. Agron. colomb.* 24 (1): 48-53.
- Barrera, J. 2004. Contribución fisiológica de las hojas y el epicarpio del fruto en el llenado y calidad del racimo de plátano Hartón (*Musa* AAB Simmonds) en el Departamento de Córdoba. Montería. Trabajo de grado (Maestría en Ciencias Agrícolas). Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Pp. 23-26.
- Barrera, J.; Díaz, B.; Durango, J.; Ramos, A. 2008. Efecto de las épocas de lluvia y sequía sobre la absorción de potasio y fósforo en las plantaciones de plátano. *Acta Agron. (Palmira)* 57 (1): 55-59.
- Barrera, J.; 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). *Agron. Colomb.* 27 (1): 73-79.
- Belalcázar, S.; Valencia, J.; Lozada, J. 1991. La planta y el fruto. *En: El cultivo de plátano en el trópico. Manual de Asistencia Técnica* N° 50. ICA, Comité de Cafeteros del Quindío, INIBAP. Editorial. FERIVA, Cali. Pp. 44-89.
- Cayón, G.; Bolaños, M. 1999. Efecto de la remoción de hojas sobre la distribución de elementos minerales en el racimo del clon Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *Infomusa* 8 (2): 30-32.
- Cayón, G.; Giraldo, G.; y Arcila, M. 2000. Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. CORPOICA-Comité de Cafeteros-Universidad del Quindío-ASIPLAT-COLCIENCIAS, FUDESCO. Armenia-Colombia, Pp. 27-41.
- Laprade-Coto, S.; Ruiz-Barrantes, R. 1998. Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01 (AAAB) y FHIA-02 (AAAB) bajo fertilización inorgánica y orgánica. Pp. 180-185. *En: Rosales, F. E.; Tripon, S. C.; y Cerna, J. (Eds.). Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional realizado en la EARTH, Guácimo, Costa Rica.*
- Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural De Colombia (2006). Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PROTECCIÓN SANITARIA PROGRAMA NACIONAL DE AGRICULTURA ECOLÓGICA. 4 p.
- Ortega, J.; Marrugo, J.; y Armando, A. 2004. Alternativa agroindustrial para el aprovechamiento de los excedentes de producción de plátano en el departamento de Córdoba, Centro de Investigaciones (CIUC) Universidad de Córdoba, ISBN: 958-608-178-8, Editorial Guadalupe Ltda. Bogotá. 94 p.
- Parra, S.; Villarreal, M.; Sánchez, P.; Corrales, J.; Hernández, S. 2008. Efecto del calcio y potencial osmótico de la solución nutritiva en la pudrición apical, composición mineral y rendimiento del tomate. *Rev. Interciencia* 33 (6): 449-456.
- Pérez-Pérez, E.; Nava, A.; González, C.; Marin, M.; Sandoval, L.; Casassa-Padrón, A. M.; Vilchez, J.; Fernández, C. 2008. Efecto de la aplicación de sulfato de calcio y materia orgánica sobre la incidencia de la pudrición apical de guayaba (*Psidium guajaba* L.). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 25: 507-524.
- Rosales, F. E.; Tripon, S. C.; y Cerna, J. (Eds.) 1998. Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable. Memorias del taller internacional realizado en la EARTH, Guácimo, Costa Rica, Pp. 18-19.
- Von Loesecke, H. W. 1950. Bananas: chemistry, physiology, technology. 2nd Edition. Inrescencie Publishers Inc., New York, USA. 189 p.