

Productividad y huella hídrica del banano ‘gran enano’ bajo niveles de riego y densidades de siembra

Sérgio Luiz Rodrigues Donato^{1*}; Marcelo Rocha dos Santos¹; Thiago Alves Marcos¹; Eugênio Ferreira Coelho²; Oscar Eduardo Trujillo Obando³

¹Sector Agricultura, Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología Baiano, Campus Guanambi, BA – Brasil; ²Embrapa Yuca y Fruta, Cruz das Almas, BA – Brasil; ³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados, Universidad Nacional de Colombia, Campus Palmira, Valle de Cauca, Colombia.

***Autor de**

Correspondencia:

Sérgio Luiz Rodrigues Donato
sergio.donato@ifbaiano.edu.br

Contribución:

Tecnológica

Sección:

Riego y Drenaje

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Rodrigues DSL, Rocha DSM Alves MT, Ferreira CE y Trujillo OOE. 2024. Productividad y huella hídrica del banano ‘gran enano’ bajo niveles de riego y densidades de siembra. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 1(1): 69
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2469>

RESUMEN

Banano tiene alta demanda hídrica, lo que requiere estrategias de manejo para aumentar la productividad del agua. El objetivo fue evaluar la productividad y huella hídrica de banano ‘Gran Enano’ en experimento en parcelas subdivididas con dos niveles de riego, 50% y 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en parcelas, cuatro densidades de siembra, 2.000, 2.600, 3.200 y 4.000 plantas ha⁻¹ en subparcelas, bloques aleatorizados, con cuatro repeticiones. El aumento de la densidad de siembra aumenta la productividad y reduce la huella hídrica, independientemente de la lámina de irrigación. Aumento de la densidad de siembra con lámina del 50% de la ETc aumenta la productividad del agua de riego.

Palabras clave: *Musa* AAA, Irrigación con déficit, alta densidad de siembra, Agua.

ABSTRACT

The banana plant has high water requirements, which demands management strategies that increase water productivity. The objective was to evaluate the productivity and water footprint of the banana plant 'Grand Nain' in an experiment in subdivided plots with two irrigation depths, 50 and 100% of the crop's evapotranspiration (ETc) arranged in plots and four planting densities, 2,000, 2,600, 3,200 and 4,000 plants ha⁻¹ in subplots, randomized blocks, with four replications. Increasing planting density increases productivity and reduces water footprint, regardless of the irrigation level. Increasing planting density with a depth of 50% of ETc makes increases irrigation water productivity.

Keywords: *Musa* AAA, deficit irrigation, high planting density, water.



INTRODUCCIÓN

Globalmente, el uso del agua ha aumentado aproximadamente un 1% al año en los últimos 40 años, con proyecciones de un aumento del 20-30% para el año 2050, indicando mayores impactos de los cambios climáticos en la distribución, cantidad y variabilidad de los recursos hídricos (Giorgi et al., 2019), con mayores efectos de la escasez hídrica en las regiones áridas y semiáridas. Esto depende de la necesidad de implementar estrategias globales y locales coordinadas para aumentar la eficiencia en el uso del agua en diversas actividades humanas, como la agricultura de riego.

Las estimaciones de la producción anual de banano en Brasil son de 7,1 millones de toneladas, con un área cultivada de 461.413 ha (IBGE, 2023), sitúan al país como el cuarto mayor productor a nivel mundial. El banano ocupa el séptimo lugar en el Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (VBPA), siendo los estados de São Paulo, Bahía, Minas Gerais y Santa Catarina los principales productores. En Bahía y Minas Gerais, se destacan las mesorregiones de Bom Jesus da Lapa y el norte de Minas, ambas situadas en el semiárido, como los mayores polos de producción de banano tipo Prata (AAB) bajo riego en el país. El aumento de la incidencia de la marchitez por *Fusarium* en el banano, MFB, tipo Prata en estas regiones se ha asociado a la variabilidad climática y ha llevado a su reemplazo por cultivares tipo Cavendish (AAA).

El cultivo de banano presenta una alta y constante demanda de agua debido a las características de la planta (Turner *et al.*, 2007), siendo las variedades Cavendish las menos tolerantes a la reducción de la disponibilidad de agua en el suelo, relacionado con el genoma A. La variabilidad climática y la competencia por los múltiples usos del agua convierten la escasez de agua en la principal limitación para la producción comercial de banano en todo el mundo, con pérdidas de rendimiento de hasta un 65% en áreas con lluvias moderadas a bajas (Panigrahi *et al.*, 2021).

En este escenario, el cultivo de banano irrigado en regiones semiáridas debe priorizar la precisión en el manejo del agua y del cultivo, para mejorar la productividad del agua de riego (Fernandez *et al.*, 2020) y reducir la huella hídrica y el aumento de carbono, mantenimiento o pérdidas en la productividad del cultivo dentro de límites económicamente razonables. Esto implica la adopción de estrategias de riego con aplicación de agua en cantidad menor que la evapotranspiración del cultivo, uso de variedades con mayor tolerancia al déficit hídrico y técnicas de cultivo que privilegien el aumento de la productividad por unidad de agua aplicada, por ejemplo, el aumento en la densidad de siembra (Magalhães *et al.*, 2020). Se supone que la combinación de estas estrategias puede alterar las condiciones hídricas del suelo y aumentar el

desacoplamiento ambiental (Souza *et al.*, 2019), debido a los cambios en las condiciones climáticas internas de la siembra de banano que actúan sobre los procesos de transpiración en comparación con el área externa de la plantación, proporcionando mayor comodidad a la planta, y, en consecuencia, reflejando en su estado hídrico e influyendo en su crecimiento, desarrollo y productividad.

En estas regiones, los productores han aumentado la plantación con altas densidades con la cosecha programada para concentrar la producción en períodos de mejor precio de la fruta en el mercado. También hay estudios sobre riego con déficit que demuestran un considerable ahorro en la aplicación de agua. Por ejemplo, riego lateralmente alternado en ‘BRS Princesa’ (Coelho *et al.*, 2019); riego con déficit asociado a la densidad de siembra en ‘BRS Platina’ (Santos *et al.*, 2019) y ‘Prata-Anã’ (Magalhães *et al.*, 2020).

El uso de riego con déficit está en línea con la demanda de estrategias globales y locales para un mejor uso y conservación del agua y, por lo tanto, se justifica profundizar este conocimiento en el banano para asegurar el ahorro hídrico. Estudios en condiciones específicas del sitio aumentan la confianza en la extrapolación de los resultados, y mientras tanto, hay demanda de resultados con cultivares Cavendish, actualmente muy plantadas en el semiárido brasileño. Así, el objetivo de este trabajo fue determinar los rendimientos de manos, del agua de riego y la huella hídrica del banano ‘Gran Enano’ en el primer ciclo de producción bajo diferentes densidades de siembra y láminas de riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un área experimental del Instituto Federal Baiano Campus Guanambi, latitud de 14°17’38’’ S, longitud de 42°41’43’’ W, altitud de 537 m, en un Latosol Rojo-Amarillo ubicado en el Perímetro Irrigado de Ceraíma, Guanambi, Bahía, Brasil.

En el experimento se utilizó la variedad Gran Enano (AAA) subgrupo Cavendish. El área fue subsolada, arada, rastrillada y surcada en sistema de filas dobles, con distancia de 3 m. Se utilizaron en la plantación plántulas micropropagadas distribuidas en quince, respetando los espaciamientos fijados en los tratamientos.

El sistema de riego fue por microaspersión, con emisores de caudal de 107 L h⁻¹ a una presión de 200 kPa; espaciamiento de 3.80 metros entre emisores y 5.0 m entre

líneas laterales, con superposición de área mojada. El agua utilizada en el riego fue derivada del Embalse de Ceraíma, clasificada como C2S1.

El manejo del riego se realizó en base a la evapotranspiración del cultivo (ET_c), obtenida considerando la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el coeficiente de cultivo (K_c). La ET_o se determinó indirectamente por el método de Penman-Monteith, boletín estándar FAO 56 de acuerdo con las variables meteorológicas, registradas durante el período experimental en la estación meteorológica automática (Modelo Vantage Pro Integrated Sensor, fabricado por Davis Instruments, Hayward, California, USA), instalada cerca del área de implantación del experimento.

Los valores del K_c utilizados en el cálculo de la evapotranspiración del cultivo durante el manejo del riego siguieron la ecuación descrita por Borges *et al.* (2011). En el establecimiento del huerto y en la fase de crecimiento inicial, hasta 120 días después del trasplante, la lámina adoptada fue la misma para todos los tratamientos. Por la ecuación los valores de K_c variaron aproximadamente de 0.60 a 1.40 de los 120 días después del trasplante hasta los 300 días después del trasplante, siguiendo el valor de 1.40 hasta la cosecha del primer ciclo.

Los tratamientos, dos láminas de riego, 50 y 100% de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se asignaron a las parcelas, cuatro densidades de siembra, 2.000 (3,0 x 2,0 x 2,0 m), 2.600 (3,0 x 2,0 x 1,5 m), 3.200 (3,0 x 2,0 x 1,25 m) y 4.000 (3,0 x 2,0 x 1,0 m) plantas ha⁻¹, asignadas a las subparcelas, en un esquema de parcelas subdivididas, en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones.

Se evaluaron el rendimiento (t ha⁻¹ ciclo⁻¹), transformados en productividad por hectárea por año (t ha⁻¹ año⁻¹), la productividad del agua de riego (PAr) (kg ha⁻¹ mm⁻¹) y la huella hídrica (HH) (L kg⁻¹) del banano ‘Gran Enano’. Las evaluaciones se realizaron en el primer ciclo de producción. Las productividades se refieren a las plantas efectivamente cosechadas en cada tratamiento, combinación de lámina y densidad de siembra. Para los cálculos de la PAr y la HH, se consideró la lámina bruta de riego aplicada hasta la cosecha de cada subparcela, ya que al aumentar la densidad de siembra y reducir la lámina de riego, se retrasa la cosecha de los racimos.

Los datos de las características evaluadas se sometieron a la prueba de normalidad y homogeneidad. Posteriormente, se sometieron al análisis de varianza para verificar la ocurrencia de interacciones entre los factores o del efecto del factor principal. En caso de interacciones significativas, se realizó el desglose, realizándose el análisis de regresión para las densidades de siembra y comparación de medias por la

prueba Tukey al 5% de significancia para las láminas de riego. Para la elección de los modelos de regresión que mejor se ajusten a los datos, se consideró la significancia de los modelos y los coeficientes beta por la prueba t.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por el análisis de varianza, hubo interacciones significativas ($p \leq 0,05$) entre láminas de riego y productividad del agua de riego y no hubo interacciones significativas ($p \geq 0,05$) entre láminas de riego y densidades de siembra para productividad de manos y huella hídrica. Hubo efecto independiente de láminas de riego y densidad de siembra en la productividad de manos y en la huella hídrica.

Del análisis de la productividad del agua de riego (PA_r) para las diferentes densidades de siembra en las dos láminas de riego (Figura 1), se nota que la lámina del 50% de la ET_c permite mayor productividad del agua de riego, y, con el aumento de la densidad de siembra en la lámina del 50% de la ET_c, el incremento en la PA_r es mayor, cuando comparado con la lámina del 100% de la ET_c, como observado por el coeficiente angular del modelo de estimación. Lo que sugiere ser posible asociar menor reposición hídrica con mayor densidad de siembra corroborando Magalhães *et al.* (2020) y Santos *et al.* (2019). Esto está de acuerdo con las presuposiciones, que la unión de esas estrategias puede alterar las condiciones hídricas del suelo y aumentar el desacoplamiento ambiental (Souza *et al.*, 2019).

Por los modelos ajustados se estiman, respectivamente, para cada planta añadida al stand a partir de 2.000 plantas ha⁻¹, incrementos en la productividad del agua del orden de 0,02639 kg ha⁻¹ mm⁻¹ y de 0,010231 kg ha⁻¹ mm⁻¹, respectivamente, para las láminas del 50% y 100% de la ET_c.

Entre las características influenciadas de forma independiente por la lámina de riego, hubo diferencia con mayores valores para la lámina del 50% de la ET_c para productividad de manos (Figura 2A) y menor huella hídrica para el 50% de la ET_c (Figura 2B).

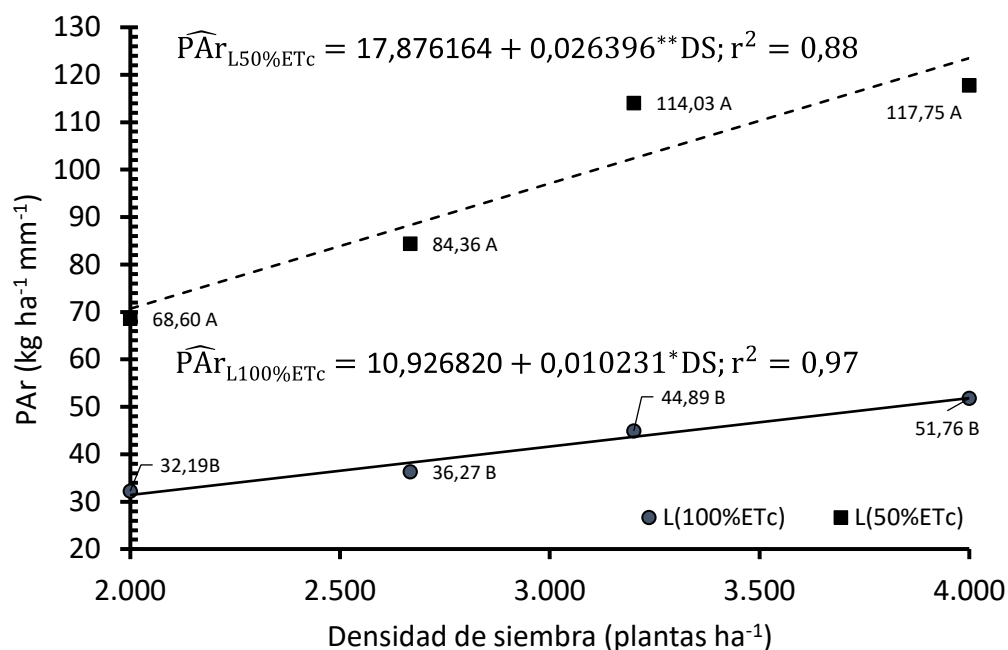


Figura 1. Productividades del agua de riego (PAr) del banano ‘Gran Enano’ bajo diferentes densidades de siembra (DS) y láminas de riego al 100% (L100%ETc) y al 50% (L50%ETc) de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Los promedios seguidos de letras diferentes difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) para cada densidad de siembra. *significativo al 5 %, **significativo al 1 % de probabilidad según la prueba t.

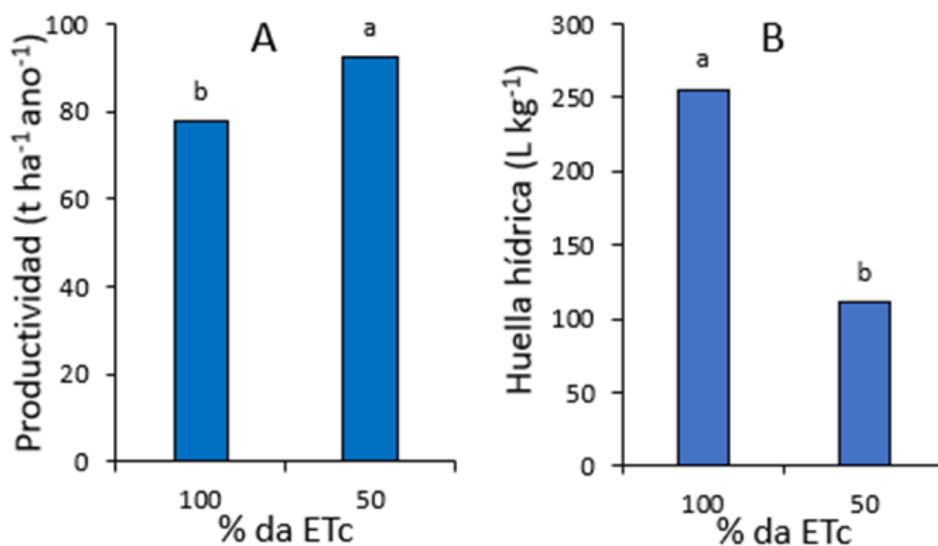


Figura 2. Productividades de manos (A) y huella hídrica (B) del banano ‘Gran Enano’ bajo láminas de riego con 100 y 50% de la evapotranspiración del cultivo (ETc), independiente de la densidad de siembra. Los promedios seguidos de letras diferentes difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) para cada lámina de riego.

Para el estudio del efecto independiente de la densidad de siembra, se presentan los datos en gráficos de regresión ajustados en modelos lineales (Figura 3). Para la productividad de manos, se ajustó un modelo logarítmico con el aumento de la densidad de siembra, mientras que, para la huella hídrica, se ajustó un modelo lineal decreciente con el aumento de la densidad de siembra, independiente de la lámina de riego (Figura 3). Por lo modelo ajustado, se estima, para la huella hídrica, disminuciones de 0,0459 L kg⁻¹ para cada planta añadida al stand a partir de 2.000 plantas ha⁻¹ y incrementos logarítmicos en la productividad.

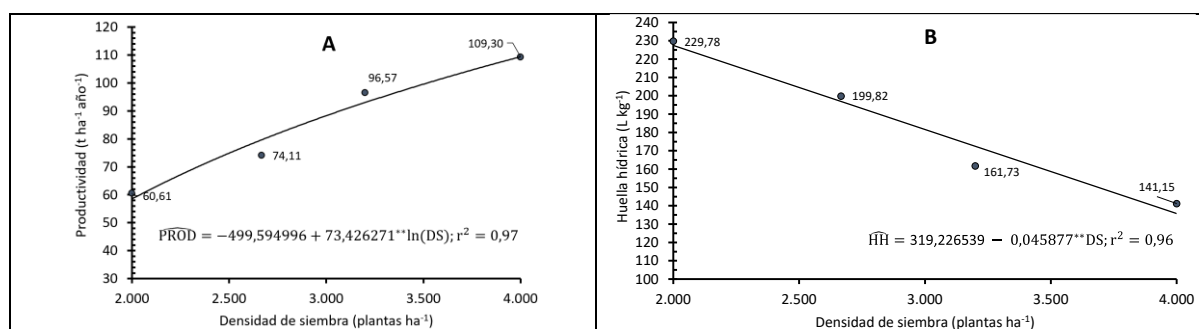


Figura 3. Productividades de manos (A) y huella hídrica (B) del banano ‘Gran Enano’ bajo diferentes densidades de siembra (DS), independiente de la lámina de riego. *significativo al 5 %, **significativo al 1 % de probabilidad según la prueba t.

Según los resultados obtenidos, para las condiciones en que se desarrolló el trabajo, puede ser una opción viable, el cultivo de banano ‘Gran Enano’ en sistema adensado con reposición hídrica del 50% de la ETc, pues, lo hace posible mayor productividad de manos, del agua de riego y menor huella hídrica. Resultados similares, con banano ‘BRS Platina’ fueron encontrados por Santos *et al.* (2019), con el ‘Prata-Anã’ por Magalhaes *et al.* (2020), en los que los autores resaltan que es posible obtener mayores rendimientos y mayor eficiencia en el uso del agua, utilizando una mayor densidad de siembra y nivel de riego por debajo del 100% de la ETc.

CONCLUSIONES

El aumento de la densidad de siembra proporciona aumento de la productividad de manos y reduce la huella hídrica, independientemente de la lámina de riego.

El aumento de la densidad de siembra con uso de lámina del 50% de la ETc posibilita aumento de la productividad del agua de riego.

El cultivo del banano ‘Gran Enano’ por un ciclo, en región semiárida, puede ser sistematizado en mayores poblaciones de plantas con menor aporte de agua.

REFERENCIAS

1. Borges, AL, Coelho, EF, Costa, EL, Teixeira, AHC. 2011. Irrigação e fertirrigação da bananeira. In: Souza, VF, Marouelli, WA, Coelho, EF, Pinto, JM, Coelho Filho, MA. (eds.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Embrapa informação tecnológica, Brasília, DF, Brasil, pp.369-397.
2. Coelho, EF, Santos, MR, Donato, SLR, Cruz, JL, Oliveira, PM, Castricini, A. 2019. Soil-water-plant relationship and banana yield under partial root-zone drying irrigation. *Scientia Agricola* 76:362-367.
3. Fernández, JE, Alcon, F, Diaz-Espejo, A, Hernandez-Santana, V, Cuevas, MV. 2020. Water use indicators and economic analysis for on-farm irrigation decision: A case study of a super high density olive tree orchard. *Agricultural Water Management* 237:106074.
4. Giorgi, F, Raffaele, F, Coppola, E. 2019. The response of precipitation characteristics to global warming from climate projections. *Earth Syst. Dyn.* 10:73–89.
5. IBGE 2023. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA. Disponível em< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agrícola.html?=&t=resultados>>. Consulta el 27 de octubre del 2023
6. Magalhaes, DM, [Donato, SLR](#), Santos, MR, [Brito, CFB](#), [Fonseca, VA](#), Souza, BS. 2020. Yield of ‘Prata-Anã’ banana plants under water deficit and high plant density. *Revista Brasileira de Fruticultura* 42:e-046.
7. Panigrahi, N, Thompson, AJ, Zobelzu, S, Knox, JW. 2021. Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae* 276.
8. Santos, MR, Donato, SLR, Magalhães, DB, Cotrim, MP. 2019. Precocity, yield and water-use efficiency of banana plants under planting densities and irrigation depths, in semiarid region. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 49:e53036.
9. Souza, DF, Pinto, JVDN, Costa, DL, Vieira, ICDO, Silva, TG, Souza, PJ. 2019. Controles biofísicos da evapotranspiração em cultivo de feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 23:725-732.
10. Turner, DW, Fortescue, JA, Thomas, DS. 2007. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). *Brasilian Journal of Plant Physiology* 19: 463-484.