



Proyección de rendimiento usando variables productivas y diversos tipos de semilla de banano (*Musa spp.*) en Turbo-Colombia

Yield projection using productive variables and various types of banana (*Musa spp.*) seed in Turbo-Colombia

Miguel Ángel Bernal-Monterrosa¹
Laura Delgado-Bejarano²



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14706>

RESUMEN: La productividad del cultivo de banano está influenciada por diferentes factores físicos, químicos, biológicos, los cuales, a su vez, varían entre lotes, fincas y zonas geográficas; sumado a esto la alta variabilidad climática, alto costo de insumos, disminución en mano de obra y ajuste a la oferta-demanda del producto terminado obliga al productor a optimizar recursos y realizar intervenciones para programar las cosechas. El objetivo de esta investigación fue realizar una proyección de rendimiento, considerando variables de producción. El estudio se realizó durante el segundo semestre de 2021 y primer trimestre de 2022 en el departamento de Antioquia, municipio de Turbo, para la proyección se tuvo en cuenta tipo de semilla, semanas a cosecha, peso de racimos, población, retorno, recobro y merma. Se plantean posibles escenarios con sus respectivas interacciones y su respuesta en rendimiento. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con 3 repeticiones, los datos se analizaron con el software R Studio 2022.02, se realizaron pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis; Yuen) y comparación de medias con un análisis post-hoc de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95%. Se encontraron diferencias significativas ($P < 9e^{-5}$), donde el tratamiento de cormo + pseudotallo fue el que presentó los mejores indicadores con un número de semanas acumuladas a cosecha de 28.40 ± 0.35 y un peso de racimo de 24.3 ± 0.19 kg.

PALABRAS CLAVE: Musaceae, Propagación Asexual, Precocidad, Productividad, Cormo.

ABSTRACT: The productivity of banana cultivation is influenced by different physical, chemical and biological factors, which, in turn, vary between lots, farms and geographical areas; added to this the high climatic variability, high cost of inputs, decrease in labor and adjustment to the supply-demand of the finished product forces the producer to optimize resources and carry out interventions to schedule harvests. The objective of this research was to make a performance projection, considering production variables. The study was carried out during the second half of 2021 and first quarter of 2022 in the department of Antioquia, municipality of Turbo, for the projection was taken into account seed type, weeks to harvest, cluster weight, population, return, collection and loss. Possible scenarios are presented with their respective interactions and performance response. The experimental design was in completely random blocks with 3 repetitions, the data were analyzed with R Studio 2022.02 software, non-parametric tests (Kruskal-Wallis; Yuen) and comparison of means with a post-analysis-Kruskal-Wallis with a 95% confidence level. Significant differences were found ($P < 9e^{-5}$), where the treatment of corm + pseudostem was the one that presented the best indicators with a number of weeks accumulated at harvest of 28.40 ± 0.35 and a cluster weight of 24.3 ± 0.19 kg.

KEYWORDS: Musaceae, Asexual Propagation, Precocity, Productivity, Corm.

FECHA DE RECEPCIÓN: 04 de agosto de 2022 **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 23 de noviembre de 2022

COMO CITAR: Bernal Monterrosa, M., & Delgado Bejarano, L. Proyección de rendimiento usando variables productivas y diversos tipos de semilla de banano (*Musa spp.*) en Turbo-Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 19(3): 102-115. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n3.2022.14706>

1 M.Sc., Centro de investigaciones del banano - Cenibanano, conjunto residencial Los Almendros km4 vía Carepa – Colombia. E-mail: mbernal@fca.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2311-4321>

2 Ingeniero Agrícola, Centro de investigaciones del banano – Cenibanano, conjunto residencial Los Almendros km4 vía Carepa – Colombia. E-mail: ladelgadobe@unal.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9608-9307>

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el banano en el Urabá antioqueño está enfrentando una situación difícil a causa de la disminución progresiva de la productividad (Bernal-Monterrosa y Cabrales-Herrera, 2022a). El rendimiento del cultivo se ve influenciado por factores físicos, químicos y biológicos (Barrera et al., 2012; Bernal-Monterrosa, 2020). Gran parte de este problema se atribuye al cambio climático, considerado como un fenómeno complejo analizado desde lo científico y favorecido en los últimos años por una serie de aspectos humanos; quema de combustibles fósiles, cambios en los usos coberturas de suelo, deforestación, entre otros (Sepúlveda Vargas et al., 2020; Yela-Piedrahita et al., 2016).

Colombia cuenta con un régimen climático que varía significativamente entre regiones, en las cuales, los efectos de las alteraciones climáticas no se perciben de manera homogénea en el territorio nacional (García et al., 2012). Las tendencias de la precipitación son muy variables (Rojas et al., 2010). Análisis indican que para el 2050 es probable que se presenten aumentos significativos de precipitación más fluctuante en conjunto con aumentos de la temperatura y mayor prevalencia de plagas y enfermedades. Por lo cual, se espera que en general la productividad de algunos cultivos importantes disminuya, y con ella la productividad pecuaria (Ramírez et al., 2009).

Además de la variabilidad climática y su impacto en la productividad, se suma un alto costo de insumos para el mantenimiento del cultivo (fertilizantes, nylon, bolsa, cartón, etc.), disminución en mano de obra, ajuste a la oferta y demanda del producto terminado, donde la mayor cantidad de fruta debe producirse en el primer semestre del año para garantizar un buen precio para los ingresos con respecto al segundo semestre. Todos estos aspectos, obligan al productor a optimizar recursos y realizar intervenciones con renovaciones parciales o totales con el objetivo de programar las cosechas (Guarín-Giraldo, 2011).

En los programas de renovación se usa normalmente plántulas micropropagadas obtenidas de viveros certificados (Bernal-Monterrosa y Cabrales-Herrera, 2022b), sin embargo, por condiciones de costos, algunos productores optan por el uso de cormos o cormo + pseudotallo (cabeza de toro), ya que, además de que tienen mayor reserva nutricional almacenada en sus abundantes tejidos (Castillo-González et al., 2011), son materiales que ya están adaptados a las condiciones puntuales de la finca (Jimenez-Contreras y Barzola-Ruiz, 2006).

En cuanto a los tipos de semillas usados para la propagación de banano, Galan et al., (2018), indican que un cormo para un buen desarrollo puede presentar un diámetro de 25 a 40 cm y un peso de 6.9 a 11.5 kg. En plátano, Espinoza-González et al., (2022), demostraron que el tamaño de la semilla es capaz de generar mayor producción de plántulas por cormo y que a

su vez, el desarrollo es dependiente del ambiente. Teniendo en cuenta esta información y la necesidad de obtener datos ajustados al Urabá Antioqueño con respecto al tipo de semilla a emplear para la producción de banano tipo exportación, la variabilidad climática, el impacto de las variables productivas en el rendimiento, los continuos programas de renovación parcial o total de las fincas bananeras y el aumento del costo asociado a la producción de la caja; es necesario generar un análisis que permita una mayor eficiencia de recursos y rentabilidad en los periodos de tiempo que sean más favorables para el desarrollo de la planta y demanda del producto final. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar una proyección de producción, teniendo en cuenta el tipo de semilla, los tiempos asociados a su cosecha y los posibles escenarios factibles teniendo en cuenta las variables de producción en el eje bananero de Urabá– Antioquia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar y época de estudio. La investigación se desarrolló durante el segundo semestre de 2021 y primer trimestre de 2022 en el departamento de Antioquia, municipio de Turbo, finca Ucrania, ubicada con coordenadas geográficas: 7° 56' 50" de latitud N y 76° 40' 28" de longitud W (Google Earth, 2022). La semana de siembra (SSI) correspondió a julio del año 2021 (semana 28 del año). La zonificación climática que caracteriza a la zona es de "Clima cálido húmedo", esparcida en el centro de la región de Urabá (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2007) esta zona presenta las siguientes características agroclimáticas (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2019), 2660 mm anuales, temperatura promedio de 28°C, altitud de 31 m.s.n.m. y una evapotranspiración de 1300 mm anuales en promedio (Bernal-Monterrosa, 2020).

Características fisicoquímicas de suelo. El análisis de suelos se hizo con base en los métodos analíticos utilizados en la Universidad de Córdoba (IGAC, 2006).

Establecimiento del ensayo. Se usaron plántulas (PLA) (Figura 1A) obtenidas del vivero meristemas Colombia, ubicado en Apartadó, Colombia, 7°57'27" N & 76°37'38" W listas para la siembra; cormos (COR) (Figura 1B y 1C) y cormo + pseudotallo ó cabeza de toro (C+P) (figura 1D) fueron adquiridas de lotes en la misma finca, obtenidas por medio de la reproducción asexual, la selección para COR consistió en material contenido entre 2-4 kg y C+P entre 50-60 kg con altura entre 150-160 cm; estas especificaciones de tamaño y peso se establecieron con el protocolo del grupo Inversiones Ucrania S.A.S. Y tuvo como objetivo tener una plantación con alta calidad genética, uniformidad y mayor potencial de rendimiento. El experimento se realizó a campo abierto, la población inicial fue de 1750 plantas ha⁻¹ y el manejo agronómico se enmarcó en las políticas de la misma empresa. No se realizó mecanización del terreno.



FIGURA 1. Tipo de semilla usada en el ensayo bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022. (A) plántula. (B y C) cormo. (D) cormo + pseudotallo.

Variables de medición y consideración

Acumulación de semanas en parición-cosecha y peso racimo. Semana emergencia de bacota (SEB). Desde la siembra hasta la aparición del tallo floral (bacota), se expresó en semanas. Semana cosecha de racimo (SCO). Desde la siembra hasta la cosecha del racimo, se expresó en semanas. Peso del racimo (PRAC). Se tomó el peso total del racimo expresado en kg planta^{-1} .

Proyección de rendimiento (PRE). Las variables con su respectiva fórmula se presentan en la tabla 1, se tiene en cuenta el retorno (RET), que hace referencia al número de racimos cosechados al año por cada unidad productiva y se expresa en racimos/unidad productiva (Formula 1). Merma (MER) es la cantidad de fruta neta no aprovechable para exportación como fruta Premium, se expresa en porcentaje (Formula 2). Recobro (REC) son los racimos cosechados con respecto a los racimos embolsados, se expresa en porcentaje (Formula 3).

La PRE es dependiente de la interacción entre PRAC, población (POB), RET, MER y REC. Se calcula en toneladas/ha/año (Formula 4); debido a que estas variables fluctúan entre fincas siendo mayores o menores dependiendo de factores físicos, químicos, biológicos - antrópicos; se plantean diferentes valores crecientes de RET (1,0; 1,2; 1,4; 1,6 y 1,8 racimos por unidad productiva) y valores fijos de POB ($1750 \text{ plantas ha}^{-1}$), REC de 96%, indicando que 96 de cada 100 racimos embolsados son cosechados y PRAC obtenido de cada material en el ensayo. Las cajas por ha año (CHA), se obtienen del cociente entre cantidad de fruta en kg y peso promedio de una caja, cuyo valor es 18,6 kg; se expresa en cajas/ha/año (Formula 5). En este caso se plantea MER

TABLA 1. Formulas empleadas en el cálculo de las variables productivas del cultivo de banano bajo condiciones de estudio.

Variable	Fórmula	Unidad
Retorno	$RET = \frac{\text{Total racimos embolsados año}}{\text{Total unidades productivas}} \quad [1]$	racimos por unidad productiva
Merma	$MER = \frac{\text{Fruta neta no aprovechable}}{\text{Total fruta neta}} \times 100\% \quad [2]$	%
Recobro	$REC = \frac{\text{Total racimos cosechados}}{\text{Total racimos embolsados}} \times 100\% \quad [3]$	%
Proyección de rendimiento	$CHA = \frac{\left[\text{POB} \times \left[\frac{REC}{100} \right] \times \text{PRAC} \times \text{RET} \right] \times \left[1 - \left[\frac{MER}{100} \right] \right]}{1000} \quad [4]$	toneladas/ha/año
Cajas cosechas por hectárea año	$CHA = \frac{PRE \times 1000}{18,6} \quad [5]$	cajas/ha/año

de 15, 20 y 25% y valores similares para RET con sus respectivas interacciones. Se usan los mismos valores fijos para POB y REC.

Diseño experimental y análisis de datos. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 repeticiones por tratamiento (TTO); estos consistieron en: T1= plántulas (PLA); T2= cormos (COR) y T3= cormo + pseudotallo o cabeza de toro (C+P), cada repetición en cada tratamiento estuvo constituida por 100 plantas.

El análisis estadístico se realizó mediante el software R 4.12 (R Core Team, 2021). Se evaluó la normalidad de los datos con un análisis Kolmogorov-Smirnov, la homocedasticidad se determinó con un test de Levene, las diferencias significativas se realizaron con un nivel de confianza del 95% mediante pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis; Yuen) y finalmente la comparación de medias con un análisis post-hoc de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características fisicoquímicas del suelo

Las características fisicoquímicas del tipo de suelo donde se ejecutó el experimento se presentan en la tabla 2.

El sitio corresponde a la Unidad de suelos N°511 y taxonómicamente se caracteriza como Consociación Fluvaquentic Endoaquepts. Esta consociación ocupa formas de terreno de cubetas, dentro de la terraza, en relieve plano, con pendientes del 1%. Los suelos se han originado de depósitos aluviales, son

moderadamente profundos, limitados por cambio textural abrupto, pobre a imperfectamente drenados, de texturas arcillosas, arcillo limosas y francas. Están afectados por procesos de escurrimiento difuso (IGAC, 2007).

TABLA 2. Parámetros fisicoquímicos del suelo en finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022.

Propiedades	Valores	Unidades
Textura	Franco Arcilloso	---
pH	4,69	01:01
MO	1,6	%
S	24,3	mg* Kg ⁻¹
P	42,7	mg* Kg ⁻¹
Ca	9,87	cmol*Kg ⁻¹
Mg	4,3	cmol*Kg ⁻¹
K	1,54	cmol*Kg ⁻¹
Na	0,20	cmol*Kg ⁻¹
Al	2,15	cmol*Kg ⁻¹
Fe	266	mg* Kg ⁻¹
Mn	48,5	mg* Kg ⁻¹
Cu	5,2	mg* Kg ⁻¹
Zn	5,8	mg* Kg ⁻¹
B	0,43	mg* Kg ⁻¹

Variables de medición y consideración

En el seguimiento al ciclo Niño-Oscilación del Sur (ENOS), usado para describir los pronósticos de variabilidad climática, se resalta la aparición de aguas superficiales relativamente más cálidas de lo normal en el Pacífico Tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este calentamiento de la superficie del océano, cubre grandes extensiones y, por su magnitud, afecta el clima en diferentes regiones del planeta, entre ellas, el norte de Suramérica, donde está situado el territorio colombiano (IDEAM, 2022). Es importante tener en cuenta las condiciones climáticas, en especial la precipitación de la zona estudiada (Figura 2), esta variable influye en las proyecciones de rendimientos por la disponibilidad hídrica. Múltiples investigaciones han puesto en evidencia que el suministro insuficiente o exceso de agua en ciertas etapas fenológicas, afecta positiva o negativamente parámetros de la producción (Costa et al., 2009). En el Urabá, se pueden presentar épocas de déficit de agua donde la distribución y la cantidad de la precipitación no satisface la exigencia de la evapotranspiración del cultivo lo que ocasiona reducciones en el rendimiento de 15 y 30%; en caso contrario, Toro-Trujillo et al., (2016), indica que en el escenario húmedo

presenta reducciones en el rendimiento menores al 2%. Caso que debe ser validado debido al incremento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos de variabilidad climática en el mundo (García et al., 2012). En esta condición el conocimiento de las funciones agua/rendimiento juega un papel importante en la planificación y distribución del agua disponible - exceso (González Robaina et al., 2011).

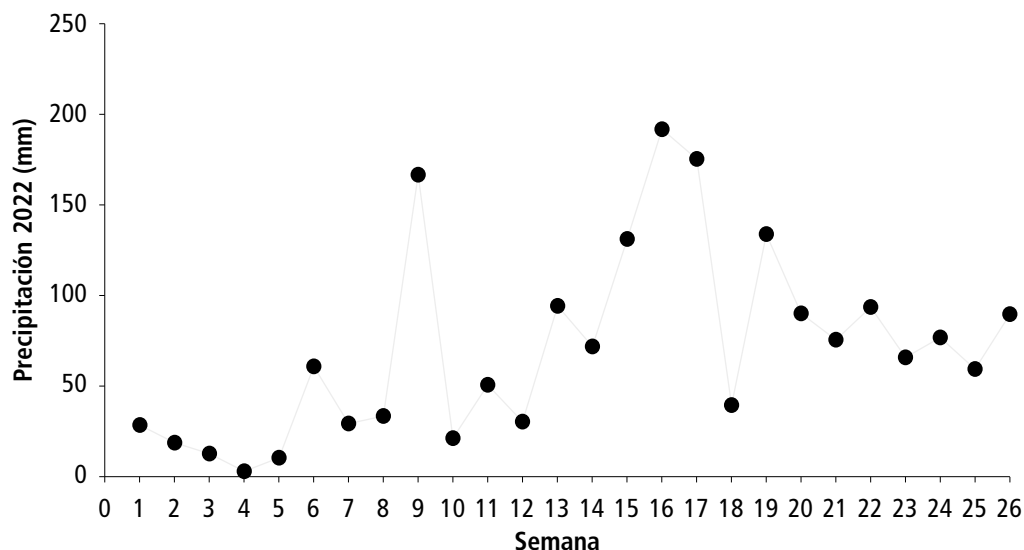


FIGURA 2. Precipitación mensual bajo condiciones climáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2020 – junio 2022.

En SEB se encontraron diferencias significativas ($P < 2.2 \times 10^{-16}$), el tratamiento C+P presentó el menor número de semanas con 18.37 ± 0.15 seguido de COR con 20.30 ± 0.26 y PLA con 23.27 ± 0.31 (Figura 3). En SCO, se encontraron diferencias significativas ($P < 2.2 \times 10^{-16}$), donde el menor número de semanas lo presentó el C+P con 28.40 ± 0.35 , seguido de COR y por último PLA con 29.87 ± 0.61 y 31.67 ± 0.42 respectivamente (Figura 4). Esto puede deberse a que C+P y COR poseen gran cantidad de sustancias de reserva que pueden acelerar el crecimiento (Galan et al., 2018). El desarrollo de las plantas ha sido definido como una secuencia de acontecimientos fenológicos controlados por factores externos, cada acontecimiento marcado por cambios importantes en la morfología y en las funciones de algunos órganos (Rey de las Moras, 2008).

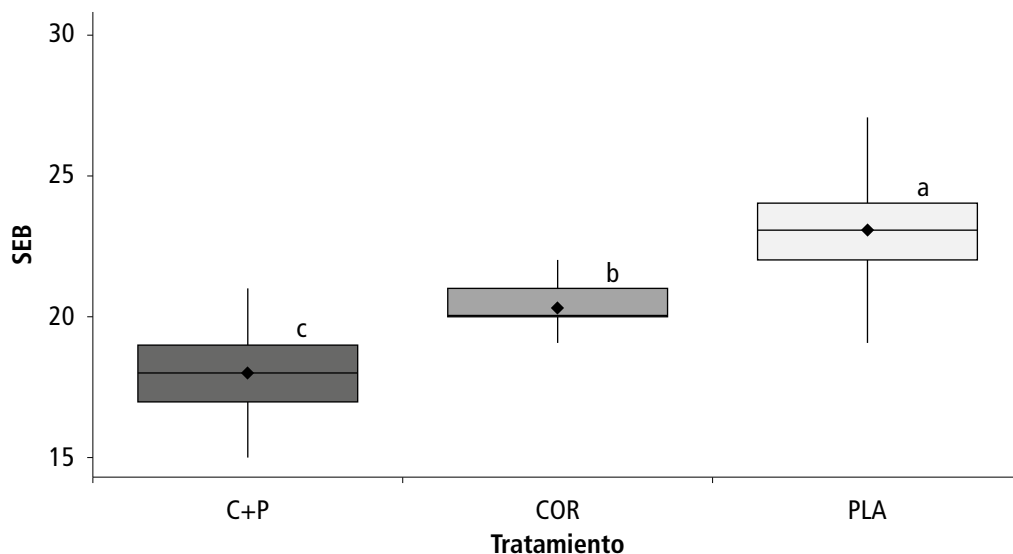


FIGURA 3. SEB: semanas acumuladas a emergencia bacota bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022. PLA: plántula; COR: cormo; C+P: cormo + pseudotallo. Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente ($P < 2 \cdot 2e^{-16}$).

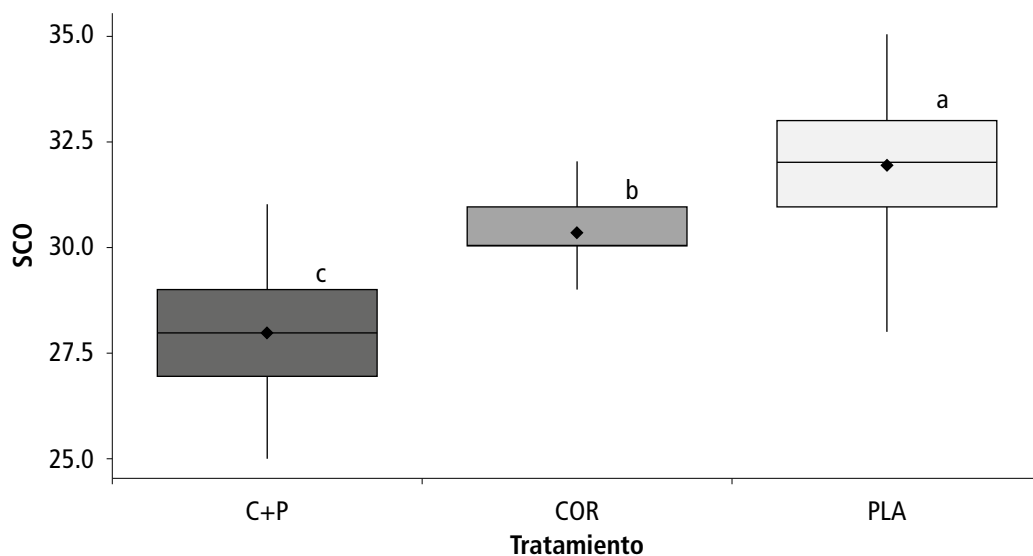


FIGURA 4. SCO: semanas acumuladas a cosecha de racimo bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022. PLA: plántula; COR: cormo; C+P: cormo + pseudotallo. Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente ($P < 2 \cdot 2e^{-16}$).

Los mecanismos fisiológicos que gobiernan la transición de una fase a otra están fuertemente influenciados por el genotipo y su interacción con el ambiente. Adicionalmente, Pinedo-Panduro y Paredes-Davila, (2011), mencionan que la precocidad impone ciertas limitaciones sobre la capacidad biológica de los cultivos, ya que un ciclo más corto limita la fotosíntesis total y hasta cierto punto, reduce la biomasa y el potencial de rendimiento. En el caso de los resultados obtenidos en este ensayo, la respuesta en precocidad es explicada por Castillo-González et al., (2011), quienes resaltan la influencia

de las condiciones climáticas y tipo de material usado en la siembra, para el caso del semillas asexuales hay una acumulación de fotoasimilados en corno y pseudotallo, siendo esta es una estructura bastante robusta para soportar el peso del racimo que algunas veces es mayor a los 50 kg, es muy pulposo y capaz de estar constituido alrededor del 90-95% de agua. Por tal razón, mayores cantidades de biomasa (peso seco) corresponden al C+P seguido del COR, los cuales adicionalmente, al estar adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la zona estudiada, favorece a la precocidad en parición y cosecha.

Según, Pinedo-Panduro y Paredes-Davila, (2011), resaltan que la precocidad presenta ventajas para el productor tales como: a) Obtener alimento en menor tiempo, b) Lograr una comercialización o venta de producto terminado en plazos más cortos, c) Reducir días de trabajo de campo en manejo agronómico, d) Reducir los riesgos por exposición prolongada del cultivo a factores adversos del medio.

En peso de racimos se encontraron diferencias significativas ($P < 9e^{-5}$), el tratamiento C+P presento racimos con un peso promedio de 24.3 ± 0.19 siendo este el mayor valor frente a los tratamientos COR y PLA que presentaron valores de 22.1 ± 0.34 y 19.3 ± 0.22 respectivamente (Figura 5).

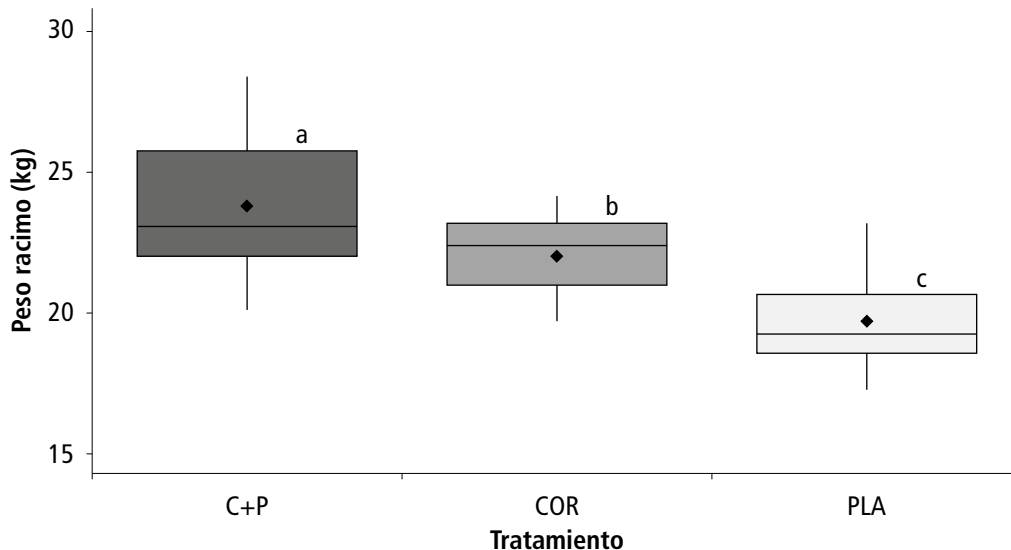


FIGURA 5. Peso neto de racimo de banano clon Valery en función del tipo de semilla bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022. PLA: plántula; COR: corno; C+P: corno + pseudotallo. Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente ($P < 9e^{-5}$).

Torres-Bazurto, (2016), indica que el almacenamiento de reservas en los tejidos, es remobilizado para contribuir al desarrollo del racimo, lo que explica la relación proporcional entre reserva y peso de racimo. En la etapa final, los frutos alcanzan su máximo desarrollo y en consecuencia su máxima

acumulación de materia seca. Además, después de la floración, el racimo representa el punto de mayor demanda de fotoasimilados en la planta.

Proyecciones de rendimiento

En las proyecciones de productividad, influyen diversos factores físicos, químicos, biológicos - antrópicos los cuales varían entre lotes, fincas y zonas generando una heterogeneidad en la producción independiente a la ubicación de las fincas; puntualmente, Blomme et al., (2006) y Martínez et al., (2021), resaltan que la impedancia mecánica (es decir, el aumento de la densidad aparente del suelo), fecha de siembra, tipo de suelos y condiciones climáticas tienen un efecto significativo sobre el crecimiento de la planta, desarrollo - distribución del sistema radical, emisión de retoños, vigor y producción de banano (Bernal-Monterrosa, 2021). Por lo anterior, es necesario conocer cada variable en cada lote y finca para hacer efectivo los cálculos de proyecciones. En este caso se plantean PRE potencial en t/ha/año, sin considerar MER, resaltando que la semilla usada con diversos retornos presenta diferencias significativas sobre la variable de rendimiento ($P < 0.001$) (Figura 6) y CHA se expresa en cajas/ha/año (Tabla 3) teniendo en cuenta los posibles casos factibles y sus interacciones para la zona de Urabá - Antioquia y en función del tipo de semilla usada.

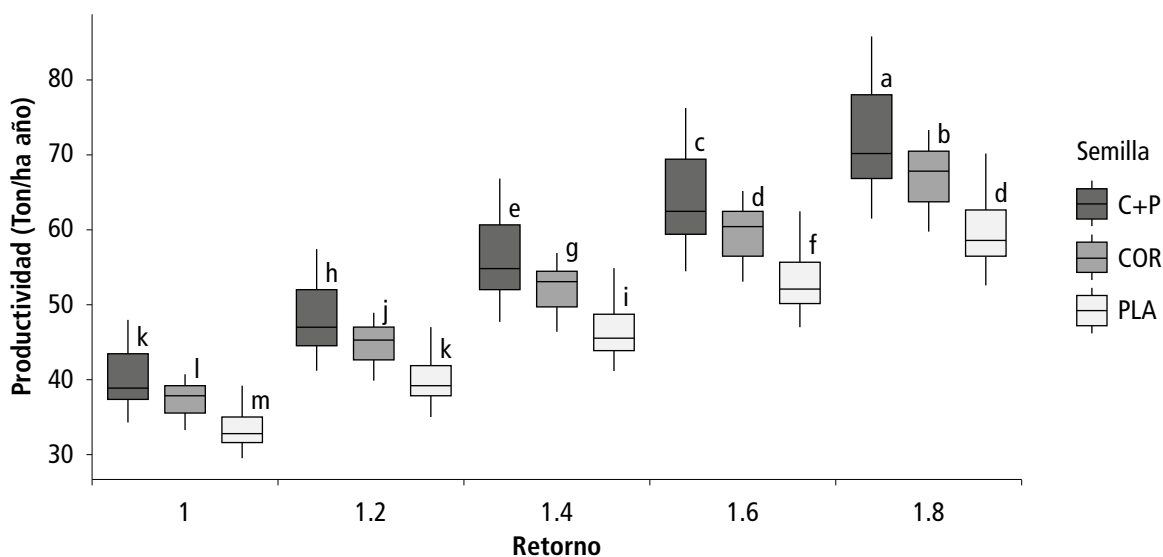


FIGURA 6. Proyección de rendimiento potencial en t/ha/año de banano clon Valery en función del tipo de semilla e interacciones de diferente retorno bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022. PLA: plántula; COR: cormo; C+P: cormo + pseudotallo. Proyección con valores fijos de POB (1750 plantas ha⁻¹), REC de 96% y PRAC obtenido de cada material en el ensayo.

TABLA 3. Proyección de rendimiento en cajas/ha/año de banano clon Valery en función del tipo de semilla e interacciones de diferente retorno y merma bajo condiciones edafoclimáticas de la finca Ucrania. Turbo-Antioquia, 2022.

Tipo semilla	Merma (%)	Retorno (racimos/unidad productiva/año)				
		1	1.2	1.4	1.6	1.8
PLA	20	1401.8	1682.2	1962.5	2242.9	2523.3
	15	1489.4	1787.3	2085.2	2383.1	2681.0
	10	1577.0	1892.4	2207.8	2523.3	2838.7
COR	20	1596.9	1916.3	2235.7	2555.0	2874.4
	15	1696.7	2036.1	2375.4	2714.7	3054.1
	10	1796.5	2155.8	2515.1	2874.4	3233.7
C+P	20	1755.9	2107.0	2458.2	2809.4	3160.6
	15	1865.6	2238.7	2611.9	2985.0	3358.1
	10	1975.4	2370.4	2765.5	3160.6	3555.6

Proyección con valores fijos de POB (1750 plantas ha⁻¹), REC de 96% y PRAC obtenido de cada material en el ensayo. PLA: plántula; COR: cormo; C+P: cormo + pseudotallo.

Existe una relación proporcional entre peso promedio de fruta y rendimiento cuando el racimo cumpla con las especificaciones de calidad; en este caso, evaluando los distintos materiales para propagación de banano, los resultados en cuanto a peso promedio de racimos han sido clasificados como un carácter controlado por herencia cuantitativa, por lo tanto, es normal encontrar que materiales adaptados y con mayor reserva, presenten mejores rendimientos (Rey de las Moras, 2008).

Es importante realizar un pogo fenológico por lote y finca para tener datos precisos en RET, REC, MER, PRAC y POB. Información con la cual al sustituir en las fórmulas de la tabla 1 se tendrá una estimación mucho más acertada de la proyección de rendimiento.

CONCLUSIONES

Los mejores indicadores en cuanto a las variables analizadas son en el orden C+P>COR>PLA donde el manejo agronómico del cultivo debe estar orientado a cuantificar las variables controlables buscando tener mayor RET, REC y menor la MER. Lo que presenta una respuesta proporcional en aumento de rendimientos.

La información suministrada es una herramienta práctica para técnicos y productores con la cual es posible realizar proyecciones de productividad con los datos puntuales de sus fincas y evaluar rentabilidad.

Agradecimientos. A Grupo Ucrania por la disposición para llevar a cabo el proyecto con recurso personal e infraestructura. Conflicto de intereses. El manuscrito fue preparado y revisado por los autores, quienes declaran que

no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados encontrados.

REFERENCIAS

- Barrera, J., Oviedo, L., & Barraza, F. (2012). Evaluation of native mycorrhizae in plantain crop (*Musa AAB Simmonds*) in nursery phase. *Acta Agronómica*, 61(4), 286–295.
- Bernal-Monterrosa, M. Á. (2020). Efecto de microorganismos eficientes y micorrizas en la fertilización fosfórica del banano en alta densidad bajo condiciones edafoclimáticas de apartadó – Colombia [Facultad de Ciencias Agrícolas]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2892>
- Bernal-Monterrosa, M. Á. (2021). Evaluación de diferentes fuentes de micorrizas en plantas de banano en fase de vivero. *Revista Temas Agrarios*, 26(Suplemento 1), 79. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/issue/view/203/33>
- Bernal-Monterrosa, M. Á., & Cabrales-Herrera, E. (2022a). Microorganismos y regulación de la fertilización fosfórica en banano. Editorial Académica Española.
- Bernal-Monterrosa, M. Á., & Cabrales-Herrera, E. M. (2022b). Respuesta del banano clon Valery en alta densidad a la inoculación con micorrizas y fósforo en Apartadó - Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(2), 1–9. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1659>
- Blomme, G., Swennen, R., Ortíz, R., & Tenkouano, A. (2006). Sistema radical y crecimiento de brotes de banano (*Musa spp*) en doa zonas agroecológicas de Nigeria. *InfoMusa*, 15(1), 18–23. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=14445>
- Castillo-González, A. M., Hernández Maruri, J. A., Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Valdéz-Aguilar, L. A., & Corona-Torres, T. (2011). Macronutrient extraction in banana “Dominico” (*musa spp.*). *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 80, 65–72. <https://doi.org/10.32604/phyton.2011.80.065>
- Costa, S. C., Soares, A. A., Sedyama, G. C., Viana, T. V. de A., & Moreira, F. V. de O. (2009). Behavior of parameters index of production of the banana Pacovan submitted to different irrigation levels and rates of potassium in the Chapada do Apodi-Limoeiro do Norte-CE. *Caatinga*, 22(4), 46–52.
- Espinoza-González, J., Bustamante-González, A., & Cedeño-García, G. (2022). Efectos Del Tamaño De Cormo Y Bencilaminopurina Sobre La Proliferación Del Plátano En Dos Ambientes De Propagación. *Ciencia y Agricultura*, 19(1). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.13905>
- Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Hernandez, J. B. P., Sandoval, J., & Rocha, H. S. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4). <https://doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- García, M. C., Piñeros Botero, A., Bernal Quiroga, F. A., & Ardila Robles, E. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*. *Revista de Ingeniería*, 36, 60–64. <https://doi.org/10.16924/revinge.36.11>
- González Robaina, F., Herrera-Puebla, J., López-Seijas, T., & Cid-Lazo, G. (2011). Respuesta de los cultivos al déficit hídrico. *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(2), 34–40. <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262033003.pdf>

- Google Earth. (2022). Ubicación finca “Ucrania” , comunal la suerte, Turbo-Antioquia. <https://earth.google.com/web/>
- Guarín-Giraldo, G. W. (2011). Impacto de la Variabilidad Climática en la Producción de Banano en el Urabá Antioqueño. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8111>
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Promedios climatológicos. www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima
- Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2022). Promedios climatológicos. www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2007). Estudio Semidetallado de Seulos de las Áreas potencialmente agrícolas. Urabá, Departamento de Antioquia.
- Jimenez-Contreras, J. J., & Barzola-Ruiz, O. (2006). Determinación y aplicación de métodos estadísticos, para medir estabilidad genética en vegetales, caso: banano. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2469/1/4802.pdf>
- Martínez, G., Rey, J. C., Pargas, R., Guerra, C., Manzanilla, E., & Ramírez, H. (2021). Effect of the different substrates and organic sources on *Musa* propagation. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 808–822. <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.42490>
- Pinedo-Panduro, M., & Paredes-Davila, E. (2011). EVALUACION PRELIMINAR DE 108 PROGENIES PRECOCES DE CAMU-CAMU *Myrciaria dubia* (MYRTACEAE) EN LORETO, PERU. *Folia Amazónica*, 20(1–2), 77–82. <https://doi.org/10.24841/fa.v20i1-2.357>
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez, D., Ordaz, J. L., Mora, J., Acosta, A., & Serna Hidalgo, B. (2009). Istmo Centramericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura. Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/25936>
- Rey de las Moras, M. C. (2008). Factores que influyen en el desarrollo: el fotoperiodo. *Agricultura: Revista Agropecuaria y Ganadera*, 2, 920–922. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2784763>
- Rojas, E., Arce, B., Peña, A., Boshell, F., & Ayarza, M. (2010). Cuantificación e interpolación de tendencias locales de temperatura y precipitación en zonas alto andinas de Cundinamarca y Boyacá (Colombia). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 173–182. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:209
- Sepúlveda Vargas, R. D., Taborda-Caro, M. A., Oviedo-Aldana, T. J., Jiménez-Calderin, O. G., Piedra-Castro, L., García-Alsina, M., García-Romero, R., Díaz-Ballesteros, J. L., Cassab-Martínez, P. M., Ortoll-Espinet, E., Hoyos-Núñez, K. R., Osorio-Mass, R. C., Muñoz-Hernández, H., Restrepo Jiménez, L. C., Rangel-Bolaños, J. E., Miranda-Villera, M. R., López-Duarte, L. S., Baltodano-Peña, O., Diaz-Hernandez, O., ... Martínez-Acosta, L. (2020). *Economía y Agroecología. Construyendo alternativas al desarrollo rural* (1st ed.). Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. <https://doi.org/10.18566/978-958-764-910-9>
- Toro-Trujillo, A. M., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., & Ibáñez-Castillo, L. A. (2016). Requerimientos de riego y predicción del rendimiento en el cultivo de banano mediante un modelo de simulación en el Urabá antioqueño, Colombia.

- Tecnología y Ciencias Del Agua, 7(6), 105–122. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222016000600105&script=sci_abstract
- Torres-Bazurto, J. (2016). Absorción, Distribución Y Acumulación De Nitrógeno En Banano Variedad Williams En Dos Ciclos De Producción En Zona Humeda Tropical [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56829/jaimetorresbazurto.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yela-Piedrahita, Y. L., Boza-Valle, J. A., Fierro-Caiza, J., Rivas-Káiser, K., & Quiñonez-Barahona, M. J. (2016). Efectos del cambio climático en la producción agrícola del banano en el Cantón Valencia. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/09/banano.html>