Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia

Caracterización histológica de la etapa reproductiva del banano y su relación con desórdenes fisiológicos del racimo

Diego Felipe Feria Gómez[1*], Diego Alejandro Londoño Puerta[1]

[1]Asociación de Bananeros de Colombia – AUGURA, Conjunto residencial Los Almendros, Km 4 Vía Carepa – Apartadó, Carepa (Colombia)

Autor de correspondencia:
Diego Felipe Feria Gómez
dfferiag@unal.edu.co

Contribución:
Artículo Científico

Sección:
Fisiología y Bioquímica

Recibido:
15 diciembre, 2025
Publicado:
30 abril, 2026

Cita:
Feria Gómez DF y Londoño Puerta DA. 2026. Caracterización histológica de la etapa reproductiva del banano y su relación con desórdenes fisiológicos del racimo. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 3(1): 141 https://doi.org/10.62498/ARTC.26141

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar histológicamente la etapa reproductiva del banano (*Musa* AAA, clon Williams), comprendida entre la diferenciación meristemática y la floración visible. Se realizó un seguimiento fenológico en 42 plantas bajo condiciones de campo, con muestreos destructivos en tres individuos por cada hoja emitida a partir de la hoja F10. Los resultados indicaron que la diferenciación de la inflorescencia se inició a partir de la hoja 19, mientras que su formación morfológica ocurrió desde la hoja 21, aproximadamente cinco semanas antes de la floración. Durante estas etapas, el meristemo floral se localizó entre el 35 y el 47 % de la altura total del pseudotallo, lo que evidenció un crecimiento acelerado y una elevada demanda fisiológica.

Estos resultados se relacionaron con desordenes fisiológicos ampliamente documentadas en los sistemas productivos, como la mancha de madurez, la cual se asocia con deficiencias en la absorción de calcio durante el estado de formación de la inflorescencia, ocurrido entre 14 y 16 semanas previas a la cosecha. Asimismo, la ocurrencia de estrés durante las etapas críticas de iniciación y diferenciación de la inflorescencia, aproximadamente 20 semanas antes de la cosecha, que se vinculan con un menor tamaño potencial del racimo.

Palabras clave: Fenología, Nutrición, Inflorescencia, Meristemo, Fisiopatía

ABSTRACT

The present study aimed to histologically characterize the reproductive stage of banana (*Musa* AAA, cv. Williams), encompassing the period between meristematic differentiation and visible flowering. Phenological monitoring was conducted on 42 plants under field conditions, with destructive sampling performed on three individuals per emitted leaf, starting from leaf F10. The results indicated that inflorescence differentiation began at leaf 19, whereas its morphological formation occurred from leaf 21, approximately five weeks before flowering. During these stages, the floral meristem was located between 35 and 47% of the total pseudostem height, indicating rapid growth and high physiological demand.

These results were related to physiological disorders widely documented in production systems, such as maturity spotting, which is associated with deficiencies in calcium uptake during the inflorescence formation stage, occurring between 14 and 16 weeks prior to harvest. Likewise, the occurrence of stress during the critical stages of inflorescence initiation and differentiation, approximately 20 weeks before harvest, was associated with a reduced potential bunch size.

Keywords: Phenology, Nutrition, Inflorescence, Meristem, Physiopathy

Copyright: © 2026 por los autores. Licencia Acorbat Internacional. Este artículo es de acceso libre y distribuido bajo los términos de Acorbat Internacional

INTRODUCCIÓN

La fenología del banano (*Musa* AAA), entendida como la descripción de los cambios morfológicos y fisiológicos que ocurren a lo largo del desarrollo de la planta, constituye una herramienta esencial para comprender la dinámica del crecimiento y orientar las prácticas agronómicas. Los eventos fenológicos, desde la emisión de hojas hasta la floración y maduración del racimo, están influenciados por factores climáticos como la temperatura, la radiación solar y la disponibilidad hídrica, así como por el manejo nutricional y sanitario del cultivo (Robinson, 2010; Chaurasia *et al.,* 2017).

A lo largo de la historia, diversos autores han propuesto descripciones y escalas fenológicas para el banano, incluyendo adaptaciones del sistema BBCH (González *et al.,* 2001), que permiten codificar las etapas de desarrollo y estandarizar observaciones entre regiones y variedades (Summerville, 1944; Lassoudière (1978); Meier *et al*., 2009; Sánchez y Mira, 2013; Fabro-Realin *et al*., 2022). Estas escalas han sido fundamentales para relacionar las fases del cultivo con unidades térmicas acumuladas y con el rendimiento.

Sin embargo, persisten vacíos en el conocimiento sobre los eventos que ocurren entre la diferenciación meristemática y la floración, dado que son procesos no visibles que se desarrollan en el interior del pseudotallo (Robinson, 2010). La comprensión de esta etapa resulta clave, ya que marca el inicio de la transición del crecimiento vegetativo al reproductivo, un momento determinante para el número y la calidad de los frutos formados (Acosta Martínez *et al.,* 2022).

La caracterización de la etapa reproductiva representa un aporte fundamental para la comprensión de los procesos que determinan la productividad de los racimos. En este estudio, se propone describir las características morfológicas que permitan la identificación de los estados del desarrollo meristemal y de la inflorescencia. De igual manera, se busca analizar las posibles interacciones entre estos estados de la inflorescencia y algunos desordenes fisiológicos conocidos del racimo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un seguimiento fenológico en 42 plantas del clon Williams (*Musa* AAA, subgrupo Cavendish) bajo condiciones de campo. Para establecer un punto de referencia, se identificaron las hojas a partir de la denominada F10, considerada como hoja uno (1). A partir de la hoja 10, se efectuaron muestreos destructivos en tres plantas por cada nueva hoja emitida, hasta alcanzar la floración, lo que al final correspondió aproximadamente a la emisión de 24 hojas.

En cada muestreo se registró la altura de la inflorescencia desde la base del pseudotallo y posteriormente se realizó un corte longitudinal del meristemo. Las muestras fueron sometidas a un proceso de tinción histológica para facilitar la observación microscópica y la caracterización morfológica de las estructuras en desarrollo, con el propósito de determinar los cambios asociados a la transición entre las fases de diferenciación y floración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las observaciones microscópicas permitieron definir cuatro etapas del desarrollo meristemal y de la inflorescencia con características morfológicas claramente identificables, asociadas principalmente a la transformación estructural del meristemo y a la formación y desarrollo de estructuras florales al interior del pseudotallo (Tabla 1). Estas etapas han sido descritas previamente en estudios anatómicos y fisiológicos del desarrollo floral en *Musa* spp. y otras monocotiledóneas con inflorescencias compuestas (Barker & Steward, 1962; Turner *et al*., 2007).

Transición meristemal. Corresponde al proceso fisiológico y molecular mediante el cual el meristemo vegetativo pierde su identidad vegetativa y adquiere competencia reproductiva, transformándose en un meristemo inflorescente. Desde el punto de vista morfológico, este estado se caracteriza por un cambio en la forma y organización del meristemo, que pasa de una estructura cónica, asociada a la producción de primordios foliares, a un ápice ensanchado y aplanado, previo a la aparición de primordios florales (Barker & Steward, 1962; Turner *et al*., 2007).

Iniciación de la inflorescencia. En este estado, el meristemo inflorescente inicia la producción secuencial de primordios florales a lo largo de su eje. Morfológicamente, se identifica por la aparición de protuberancias laterales que darán origen a las manos florales, dispuestas de acuerdo con el patrón característico de las Musáceas, aunque sin diferenciación visible de órganos florales (Turner *et al*., 2007).

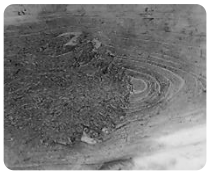
Diferenciación de la inflorescencia. Este estado corresponde al proceso de especialización estructural y funcional de los primordios florales, durante el cual se establecen los órganos florales individuales. Morfológicamente, se reconoce por la diferenciación clara de sépalos, pétalos, estambres y gineceo dentro de cada primordio, definiendo la arquitectura floral básica del racimo, aunque sin un crecimiento significativo en tamaño.

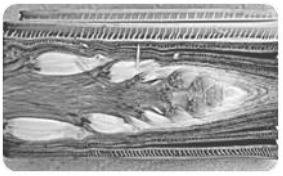
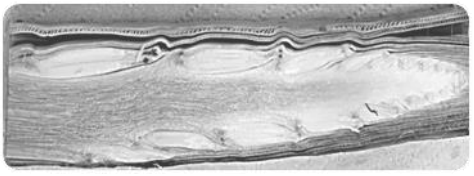
Formación de la inflorescencia. También denominada desarrollo floral interno o prefloración, esta etapa comprende el crecimiento y elongación de los órganos florales ya diferenciados, los cuales permanecen completamente contenidos dentro del

pseudotallo. Durante esta fase, el racimo se encuentra morfológicamente completo a nivel interno, aunque aún no es visible externamente, y precede directamente a la emergencia y floración de la inflorescencia (Dumas, 1955; Turner *et al*., 2007).

En el presente estudio, se distingue entre diferenciación y formación de la inflorescencia, considerando la diferenciación como el proceso de especialización de los primordios florales y la formación como la fase posterior de crecimiento y desarrollo interno de los órganos florales ya diferenciados, previo a la emergencia del racimo, de acuerdo con descripciones morfoanatómicas previas en banano.

Tabla 1. Estados de la inflorescencia durante la etapa reproductiva en función de las hojas emitidas.

Fase de Diferenciación				
Etapa reproductiva	Transición meristemal	Hoja 12 – 15		
	Iniciación de inflorescencia	Hoja 16 – 18		
	Diferenciación de inflorescencia	Hoja 19		
		Hoja 20		
	Formación de inflorescencia	Hoja 21		

		Hoja 22	
		Hoja 23	
		Hoja 24	
Fase de Floración			

Las mediciones de la altura del meristemo indican que su ascenso dentro del pseudotallo comienza entre las hojas 17 y 18, al finalizar la etapa de iniciación de la inflorescencia. La etapa de formación de la inflorescencia se inicia alrededor de la hoja 21, cuando el meristemo se localiza entre el 35 y el 47 % de la altura total del pseudotallo. A partir de este punto, este presenta un desarrollo acelerado hasta alcanzar la floración en la posición máxima del pseudotallo (Figura 1). Este patrón evidencia una alta demanda fisiológica, asociada con una intensificación de la relación fuente–vertedero hacia la inflorescencia, ya que esta pasa de medir pocos milímetros a su tamaño final en un periodo promedio de cinco semanas.

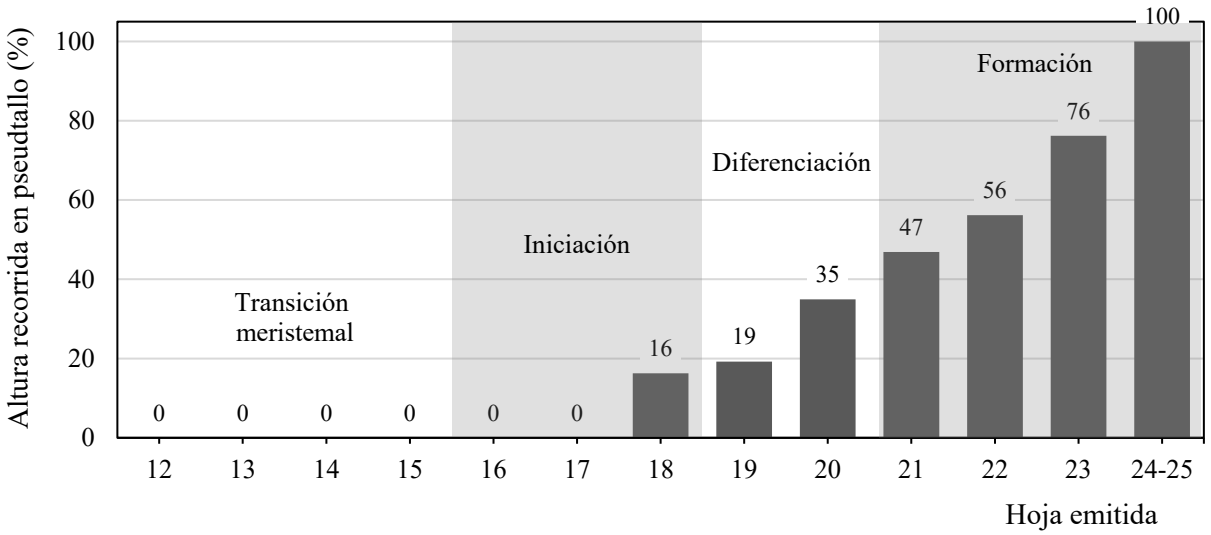


Figura 1. Altura recorrida por la inflorescencia en su ascenso por el pseudotallo.

Desordenes fisiológicos relacionados

El rápido desarrollo del racimo implica una alta exigencia nutricional, especialmente en elementos de baja movilidad como el calcio. A diferencia de otros nutrientes, el calcio se transporta principalmente por el xilema y su flujo depende del estado hídrico del suelo y de la apertura estomática (Hernández *et al.,* 2020). Por esta razón, el racimo en formación se considera un órgano vulnerable a la deficiencia de este elemento, especialmente en condiciones de estrés hídrico. Tal deficiencia se ha relacionado con desórdenes fisiológicos como la mancha de madurez, caracterizada por la ruptura de paredes celulares en los tejidos del fruto (Cárdenas *et al.,* 2018).

Diversos estudios han reportado una correlación significativa entre la incidencia de mancha de madurez y los déficits hídricos ocurridos entre 14 y 16 semanas previas a la cosecha. Estas observaciones respaldan el fundamento fisiológico del fenómeno, en el que una limitada disponibilidad de agua restringe el transporte de calcio hacia los tejidos en expansión.

Desde el punto de vista fenológico, los resultados obtenidos permiten inferir que los racimos cosechados en una semana determinada iniciaron la fase de formación de inflorescencia entre 14 y 16 semanas previas a la cosecha (Figura 2). Esta secuencia temporal concuerda con el modelo climático propuesto y aporta una explicación biológica robusta para comprender el desarrollo del fruto y la mancha de madurez,

reforzando la utilidad de la caracterización fenológica como herramienta para el manejo fisiológico y nutricional del cultivo.

Los estados de iniciación y diferenciación de la inflorescencia durante la etapa reproductiva se consideran críticos debido a su alta sensibilidad a las condiciones climáticas y a deficiencias nutricionales. Estas interacciones resultan determinantes en la definición del tamaño potencial del racimo (Sánchez y Mira, 2013) y, en particular, en el número de manos y dedos que lo conforman.

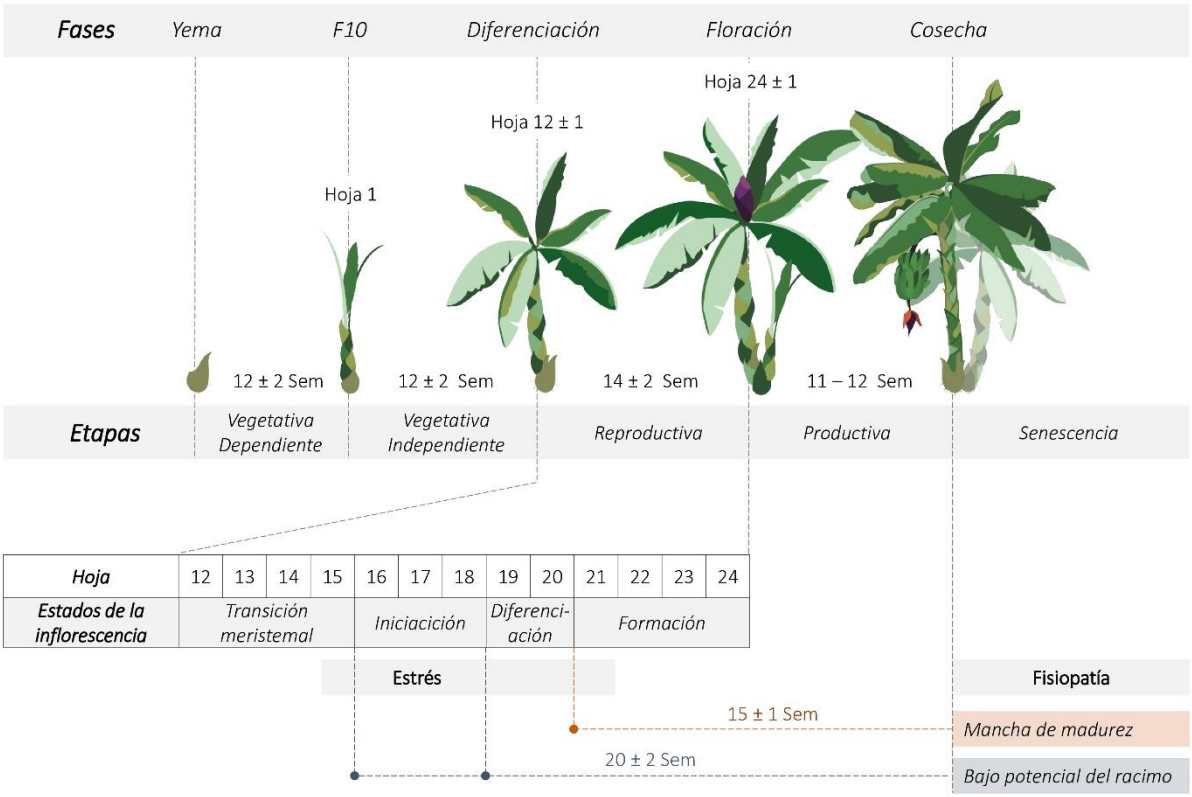


Figura 2. Estados de la inflorescencia adaptadas a la escala fenológica del cultivo de banano (Feria *et al.,* 2023) y los desórdenes fisiológicos derivadas.

CONCLUSIONES

La etapa reproductiva del banano presenta una secuencia ordenada de transición meristemática, iniciación, diferenciación y formación de la inflorescencia, las cuales pueden ser caracterizadas histológicamente y asociadas con eventos fenológicos específicos, permitiendo una comprensión precisa del desarrollo interno previo a la floración visible.

El ascenso del meristemo dentro del pseudotallo se inicia entre las hojas 17 y 18 y se intensifica a partir de la hoja 21, cuando comienza la fase de formación de la inflorescencia, localizada entre el 35 y el 47 % de la altura total del pseudotallo, etapa que se caracteriza por un crecimiento acelerado del racimo y una elevada demanda fisiológica asociada al fortalecimiento de la relación fuente–vertedero.

La coincidencia temporal entre la fase de formación de la inflorescencia y los periodos de estrés hídrico y nutricional, ocurridos entre 14 y 20 semanas previas a la cosecha, proporciona una base fenológica y fisiológica sólida para explicar la aparición de desórdenes fisiológicos como la mancha de madurez y la reducción del tamaño potencial del racimo, destacando la utilidad de la caracterización fenológica como herramienta para el manejo agronómico del cultivo

REFERENCIAS

Acosta Martínez AM, *et al*. 2022. Estimación alométrica del área foliar y clasificación fenológica en banano. Revista Científica 37(2), 45–56.

Barker WG and Steward FC. 1962. Growth and development of the banana plant. Annals of Botany 26, 413–425.

Cárdenas JA, Vargas A y Flórez C. 2018. Relación entre la nutrición mineral y la incidencia de mancha de madurez en banano (*Musa* AAA). Revista Agronomía Colombiana 36(1), 72–81.

Chaurasia AK, Paliwal R, Singh B and Singh S. 2017. Flowering time in banana (*Musa* spp.), a day-neutral plant: A critical review. Plant Science Today 4(4), 147–155.

Dumas J. 1955. Contribution à l'étude du développent du bananier Nain. Fruits 10:301-326.

Feria DF, Londoño DA, Cardona SP. 2023. Aspectos fenológicos del cultivo de banano. Cenibanano-AUGURA.

Fabro-Realin DMA, *et al*. 2022. Harvest date estimation of Lakatan (*Musa* spp.) based on BBCH and thermal time. CAB Digital Library.

Gonzales R, Ruiz-Silvera C, Buhr L, Bleiholder H, Hack H, Meier U and Wicke H. 2001. Proposal for codification of the phenological cycle of edible Musaceae. Ann. Appl. Biol. In preparation.

Hernández O, Rivas J y Mora M. 2020. Dinámica del calcio en cultivos tropicales: Implicaciones fisiológicas y manejo agronómico. Agronomía Mesoamericana 31(3), 501–512.

Lassoudiere A. 1978. Quelques aspects de la croissance et du développement du bananier Poyo en Côte d"Ivoire. Fruits V.33, n.5, p.293-313.

Meier U, *et al*. 2009. The extended BBCH-scale – A uniform code for phenological growth stages of mono- and dicotyledonous plants. Julius Kühn-Institut.

Robinson JC. 2010. Bananas and plantains. CAB International.

Sánchez J y Mira J. 2013. Principios para la nutrición del cultivo de banano, Colombia: AUGURA. 5p.

Turner DW, Fortescue JA and Thomas DS. 2007. Environmental physiology of the bananas (*Musa* spp.). Brazilian Journal of Plant Physiology 19, 463–484.