

ECOFISIOLOGÍA Y PRODUCTIVIDAD DEL PLÁTANO (*Musa AAB Simmonds*)

ECOPHYSIOLOGY AND PRODUCTIVITY OF PLANTAIN (*Musa AAB Simmonds*)

Daniel Gerardo Cayón Salinas*

RESUMEN

El crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de plátano son el resultado de la interacción armónica de los principales factores climáticos de la zona de producción y si en determinadas etapas del desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las plantas alterarán su desempeño fisiológico y productivo. Las variaciones en producción y sanidad de los cultivos de plátano de un año a otro, dentro del mismo lote, son buenos ejemplos de la influencia que ejerce el clima sobre el comportamiento de las plantas. Se analizan las influencias de los factores ambientales (temperatura, altitud, radiación solar, precipitación, humedad relativa, viento) sobre la fisiología y los requerimientos hídricos de la planta, y se discuten los aspectos principales de la relación funcional entre las tasas de fotosíntesis y la productividad del cultivo del plátano.

ABSTRACT

The growth, development and production of plantain crops are results of the zone production and climatic factors interactions, if in different stages of growth development, can manipulate some variables outside of the tolerance limits, the plants will change its physiological and production development. Yield and healthfulness changes of plantain crops year to year inside the same crop are examples of the climate influence over the plants behavior. The climate factors (temperature, altitude, radiation, precipitation, relative humidity and wind) with influence on the physiology and hydric requirements of plants are analyzed and the main aspects of the functional relationships between photosynthetic rates and plantain productivity are discussed.

INTRODUCCIÓN

Las variaciones del genotipo, del ambiente, y de las prácticas culturales actúan a través de los procesos fisiológicos para controlar el crecimiento de los cultivos perennes. Estos procesos complejos constituyen la maquinaria por medio de la cual el genotipo y el ambiente influyen sobre la producción y calidad de las cosechas. La planta de plátano, como especie perenne, debe regular sus procesos fisiológicos para mantener el crecimiento vegetativo y producir los frutos simultáneamente. Durante la etapa inicial de desarrollo debe construir el sistema de raíces para los procesos de absorción y las hojas para la asimilación fotosintética; una vez formadas estas estructuras, almacena carbohidratos y otras sustancias en los cormos para la emisión de rebrotes, la floración y el llenado posterior de los frutos. La planta debe formar simultáneamente el área foliar y las raíces necesarias para mantener un balance continuo entre el desarrollo de estos órganos; si el balance favorece el desarrollo de las hojas, no habrá exceso suficiente de carbohidratos para el desarrollo de los cormos, pero si, por el contrario, el crecimiento foliar es disminuido, el tejido fotosintético podría ser insuficiente para obtener rendimientos altos.

INFLUENCIA DEL CLIMA SOBRE EL PLÁTANO

El clima de una región está constituido por la sucesión de los estados atmosféricos, los cuales se caracterizan mediante valores medios de los diferentes elementos meteorológicos, por la amplitud de sus variaciones y por la ocurrencia de valores extremos en un período determinado. El crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos perennes como el plátano son el resultado de la interacción armónica de los principales factores climáticos de la zona de producción (radiación solar, temperatura, precipitación, humedad relativa). Si en determinadas etapas del desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las plantas alterarán su desempeño productivo y fisiológico. Las variaciones en producción y sanidad de los cultivos de plátano de un año a otro, dentro del mismo lote, son buenos ejemplos de la influencia que ejerce el clima sobre el comportamiento de las plantas. El plátano es una especie esencialmente del trópico húmedo y se puede cultivar en todas aquellas zonas agroecológicas localizadas

* Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, apartado aéreo 14490, Bogotá, Colombia dgcaions@unal.edu.co

entre 30° de latitud norte y 30° de latitud sur, que reúnan las condiciones de clima y suelo favorables para su crecimiento, desarrollo y producción. Fuera de esta zona existen plantaciones en Israel y Egipto (Hemisferio Norte) y Australia y Nueva Gales del Sur en el Hemisferio Sur (Simmonds 1973).

Temperatura y altitud

La temperatura y la altitud están correlacionadas y son factores determinantes para el crecimiento y desarrollo del plátano debido a su efecto directo sobre la velocidad de la mayoría de procesos metabólicos, influenciando directamente el ciclo vegetativo de la planta y su actividad fotosintética y respiratoria. Las zonas con temperaturas entre 18° C y 38° C son considerados aptas para la siembra de plátano, siempre y cuando las temperaturas mínimas medias no sean inferiores a 15° C y las mínimas absolutas no estén por debajo de 8° C (Belalcázar *et al.* 1991). A temperaturas bajas la actividad metabólica es muy lenta, retardándose la emisión foliar y la división celular en el meristemo de crecimiento, lo cual reduce el desarrollo y el rendimiento anual, a pesar de que la calidad y el tamaño del fruto no se afectan.

A medida que la temperatura disminuye, el crecimiento vegetativo se hace más lento, retardándose la frecuencia de producción de hojas, el ritmo de brotación de colinos y el desarrollo de los racimos. Las temperaturas bajas causan la producción de hojas lanceoladas, y racimos y frutos con formas anormales (Simmonds 1973). Un ejemplo lo constituye el clon Dominicó, que con el aumento de la altitud de siembra de 20 a 1.990 m.s.n.m., el ciclo vegetativo se incrementa de 10 a 24 meses, el peso promedio del racimo se reduce de 35 kg a 10 kg, y su forma cilíndrica y con manos compactas pasa a una forma de cono truncado con manos más distanciadas entre sí y separadas del raquis (Belalcázar *et al.* 1991). Por la temperatura baja las hojas expandidas pueden desarrollar síntomas similares a los de la deficiencia de agua y luz, perdiendo la turgencia, se tornan cloróticas y mueren posteriormente (Shmueli 1960). El látex del plátano se coagula en el pericarpio de los frutos a temperaturas inferiores a 12° C, impartiendo una coloración marrón a la subepidermis, fenómeno que retarda la evolución normal de los frutos, perjudicando la maduración y, por lo tanto, la calidad del producto cosechado (Slocum 1933, Puvis 1945). Los límites de la altura sobre el nivel del mar en que es posible establecer plantaciones comerciales de plátano dependen de la tolerancia y respuesta de los clones comestibles a temperaturas bajas.

La altitud influye sobre la duración del período vegetativo dependiendo del clon cultivado. El Hartón sembrado en la zona bananera colombiana de Santa Marta (20 m.s.n.m.) tiene un ciclo de 327 días, en el departamento del Caquetá (320 m.s.n.m) de 361 días y en Palmira (Valle del Cauca) (1.001 m.s.n.m) de 418 días. En términos generales, el período vegetativo de este clon se prolonga aproximadamente 10 días por cada 100 metros de altitud. Las consideraciones anteriores permiten establecer que, desde un punto de vista económico y comercial, todos los clones comestibles de plátano, se pueden sembrar y explotar desde el nivel del mar hasta 1.350 m.s.n.m., exceptuando el Hartón cuyo límite de elevación es de 800 m.s.n.m. No obstante, como cultivo de subsistencia, el plátano puede sembrarse en regiones localizadas hasta los 2.000 m.s.n.m. (Belalcázar *et al.* 1991).

La altitud de la zona de producción influencia marcadamente la distribución de la materia seca durante el desarrollo de la planta (Tabla 1); el cormo y el seudotallo sirven como depósitos de fotoasimilados hasta la floración, cuando la planta comienza a transferir grandes cantidades de esas reservas a los frutos en formación, lo cual coincide con la disminución notoria de la materia seca que experimentan estos órganos entre la floración y la cosecha de los racimos.

Tabla 1. Influencia de la altitud sobre la distribución de la materia seca (%) en la planta de plátano Dominicó-Hartón.

| Altitud (m.s.n.m.) | Época | Cormo | Seudotallo | Hojas | Tallo floral | Racimo | Total (%) |
|--------------------|-----------|-------|------------|-------|--------------|--------|-----------|
| 1.320 | Floración | 18,9 | 49,7 | 25,2 | 6,2 | – | 100 |
| | Cosecha | 9,3 | 29,0 | 9,1 | 5,4 | 47,2 | 100 |
| 1.000 | Floración | 25,2 | 36,2 | 31,3 | 5,6 | 1,7 | 100 |
| | Cosecha | 10,7 | 25,5 | 17,9 | 4,6 | 41,3 | 100 |

Radiación solar

El plátano se cultiva en condiciones muy variadas de radiación solar, desde regiones de gran nubosidad ($184 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) hasta otras de alta irradiancia promedio ($1.500 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$). La falta de luz no interrumpe la emisión y desarrollo de las hojas, pero los limbos quedan blanquecinos debido a la ausencia de síntesis de clorofila y las vainas foliares y los seudotallos se alargan demasiado. Plantas de plátano expuestas a radiación solar insuficiente crecieron 70 cm más, en promedio, comparadas con aquellas expuestas a radiación más intensa, y tuvieron un período vegetativo más prolongado, retrasándose la floración tres meses, sin afectar significativamente los rendimientos. Bajo condiciones de menor radiación solar, los racimos alcanzan menor peso que aquellos desarrollados con una cantidad de luz adecuada. Sin embargo, la variación en la duración del día no ejerce una influencia importante sobre el desarrollo del cultivo (Champion 1975).

En cultivos perennes como el plátano, la fotosíntesis se lleva a cabo en estratos acumulados de hojas que se sobreponen sombreándose unas a otras; de esta manera, la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) incidente es absorbida a medida que atraviesa las capas de hojas aprovechándose la mayor parte de ella, mientras que las hojas inferiores, por recibir menos radiación solar, presentan tasas de fotosíntesis más bajas que las hojas superiores. Esto se debe a que, en los cultivos sembrados en surcos, el grado de absorción de la RFA incidente depende de las distancias entre surcos y plantas y del arreglo de siembra. En los cultivos más densos es mayor la captación de RFA a través del dosel foliar de la comunidad de plantas; sin embargo, esta mayor captación de la luz incidente por parte de las hojas de un cultivo de plátano denso, disminuye la cantidad de radiación en la base de las plantas, impidiendo la brotación y el desarrollo normal de los colinos, lo cual es perjudicial desde el punto de vista de producción de material vegetativo para la siembra (Tabla 2). La concentración de clorofila es mayor en las hojas de las plantas sembradas a mayores densidades, lo cual concuerda con las características morfofisiológicas de las hojas desarrolladas bajo sombra (Cayón *et al.*, 1995).

Tabla 2. Efecto de la densidad poblacional sobre el desarrollo foliar, captación de luz y concentración de clorofila en la hoja de Dominico-Hartón (Cayón *et al.*, 1995).

| Densidad (plantas ha ⁻¹) | Emisión foliar * | Colinos/planta | RFA captada (%) | Clorofila total (mg g peso seco ⁻¹) |
|---|---------------------|----------------|--------------------|--|
| 1.666 | 36 | 8 | 85,8 | 8,45 |
| 3.333 | 33 | 5 | 93,8 | 10,32 |
| 4.998 | 29 | 3 | 95,0 | 11,49 |

* Hojas emitidas a partir de siembra

El manejo de la densidad poblacional es un método básico para el control de la cantidad de luz que reciben los cultivos, la cual puede ser modificada por arreglos de siembra en cuadro o triángulo, y por las distancias entre plantas e hileras. La densidad de los cultivos ejerce una gran influencia sobre el crecimiento y desarrollo de cada planta debido a la competencia por luz que se genera dentro de la comunidad (Cayón, 1992). En general, se obtienen producciones altas por unidad de área como consecuencia del uso eficiente de la luz durante las etapas iniciales del crecimiento de los cultivos pero, con densidades altas el rendimiento puede disminuir por la competencia de luz, la pérdida excesiva de agua por transpiración y ataques severos de plagas y enfermedades (Cayón, 1992). La densidad de población en plátano está condicionada por la distancia de siembra y el número de plantas por cada sitio de producción y puede influir positiva o negativamente en los componentes del desarrollo y la producción. Varios estudios han demostrado que en el cultivo del plátano la densidad de población puede incrementarse hasta 3.333 plantas ha⁻¹ sin que se afecten el rendimiento y la calidad del producto, contribuyendo a mejorar substancialmente la rentabilidad pero, a medida que se incrementa la densidad, la vida útil de las plantaciones se reduce en forma marcada (Belalcázar *et al.*, 1994).

Humedad relativa

La humedad de la atmósfera es un factor regulador de las relaciones hídricas de las plantas, interviniendo como la fuerza impulsora del agua desde el suelo, y a través de la planta, hasta la atmósfera, mediante la creación de un gradiente de potencial hídrico en el sistema suelo-agua-planta-atmósfera. Estudios realizados por Cayón-G. *et al.* (1998), bajo condiciones controladas, para evaluar los efectos del estrés hídrico y la

humedad relativa, mostraron que las tasas de intercambio gaseoso de las hojas de plátano Dominico-Hartón tienen una gran correlación con el déficit hídrico en el suelo y con la humedad relativa del ambiente (Tabla 3). En las plantas sometidas a estrés hídrico, las tasas de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática decrecieron como respuesta al déficit de agua. La tasa de fotosíntesis fue mayor en presencia de humedad relativa media, presentando una reducción aproximada de 50% cuando ésta aumentó o disminuyó; la transpiración y la conductancia fueron altas con humedad relativa baja, disminuyendo paulatinamente a medida que la humedad del aire aumentó. La tendencia de las plantas de plátano a reducir la transpiración bajo condiciones de estrés hídrico, puede ser el indicio de un mecanismo de resistencia a la sequía, asociado a otros que la planta posee, para economizar agua, ya que ésta especie presenta una gran superficie transpirante (Tai 1977, Robinson y Bower 1988).

Tabla 3. Tasas de intercambio gaseoso en hojas de plátano Dominico-Hartón bajo estrés hídrico y tres niveles de humedad relativa (Cayón-G. *et al.* 1998).

| | Sin estrés | Con estrés | Humedad Relativa | | |
|--|------------|------------|------------------|----------------|-------------|
| | | | Baja (<53%) | Media (54-61%) | Alta (>62%) |
| Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | 30,6 | 15,8 | 19,9 | 35,0 | 14,8 |
| Conductancia ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| Transpiración ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | 3,6 | 3,0 | 4,6 | 3,5 | 1,8 |

Viento

En todas las regiones productoras, uno de los daños más comunes y generalizado es el rasgado de las láminas foliares y la pérdida de sectores del limbo por vientos fuertes (velocidades superiores a 50 km.h^{-1}). Los daños ocasionados por vientos de intensidad media ($20\text{-}50 \text{ km h}^{-1}$) se pueden considerar parciales, incidiendo directamente en el peso y calidad de los racimos, que para su llenado requieren que la planta tenga una superficie foliar activa entre $7,0$ y $8,0 \text{ m}^2$. Las pérdidas catalogadas como totales (pérdida de plantas por doblamiento o resquebrajamiento del seudotallo y desenraizamiento de la cepa) son ocasionadas por vientos de gran intensidad ($> 50 \text{ km h}^{-1}$). El rasgado de las hojas por acción del viento es un fenómeno de ocurrencia común en las musáceas que, si no implica desprendimiento y pérdida del área foliar activa, no representa un riesgo para el desempeño funcional y productivo de la planta. La supervivencia térmica durante la estación seca y el aumento de la productividad, cuando el agua del suelo es suficiente, parecen ser efectos benéficos del rasgado de las hojas. De hecho, el rasgado de los semilimbos del banano es considerado un factor para la reducción del daño térmico en las hojas (Taylor y Sexton 1972). Según Raschke (1956), en un ambiente expuesto a insolación las hojas más pequeñas transpiran menos y están a menor temperatura que una hoja más grande.

La fotosíntesis neta de las musáceas es afectada por la dimensión de la hoja y la resistencia a la difusión del vapor de agua (Taylor y Sexton 1972). La Tabla 4 muestra que los efectos del rasgado de la hoja sobre la temperatura foliar y la tasa de fotosíntesis son más evidentes en hojas expuestas al sol que en hojas sombreadas y reduce la posibilidad de que la hoja alcance una temperatura letal. El rasgado puede disminuir en 50% la tasa de transpiración durante un período de estrés ambiental, debido a que los segmentos foliares pequeños se encuentran en un régimen más favorable para la fotosíntesis neta que las hojas intactas.

Tabla 4. Efecto del rasgado de la hoja sobre la pérdida de agua y tasa fotosintética en las musáceas (Taylor y Sexton 1972).

| | Temperatura hoja (°C) | Resistencia estomática (s cm ⁻¹) | Transpiración (g cm ⁻² s ⁻¹) | Fotosíntesis (g CO ₂ cm ⁻² s ⁻¹) |
|-------------------|--------------------------|--|--|---|
| Hoja expuesta | | | | |
| Estación seca | | | | |
| Intacta | 46,0 | 24 | 18,8 x 10 ⁻⁷ | -0,160 x 10 ⁻⁷ |
| Rasgada | 40,0 | 29 | 5,5 x 10 ⁻⁷ | 0,097 x 10 ⁻⁷ |
| Estación lluviosa | | | | |
| Intacta | 42,0 | 5,6 | 52 x 10 ⁻⁷ | 0,322 x 10 ⁻⁷ |
| Rasgada | 38,0 | 5,9 | 38 x 10 ⁻⁷ | 0,365 x 10 ⁻⁷ |
| Hoja sombreada | | | | |
| Estación seca | | | | |
| Intacta | 29,0 | 30 | 2,4 x 10 ⁻⁷ | 0,070 x 10 ⁻⁷ |
| Rasgada | 29,5 | 30 | 2,7 x 10 ⁻⁷ | 0,072 x 10 ⁻⁷ |

En un estudio realizado en la zona cafetera central de Colombia sobre el efecto del viento y el granizo sobre plantas de plátano Dominico-Hartón y FHIA 21 (Rose *et al.*, 2001) se observó que el impacto del granizo y los vientos fuertes, en los primeros 15 días de desarrollo del fruto, afectó drásticamente el tamaño y calidad de los racimos de los dos materiales evaluados. El peso fresco de los frutos de Dominico-Hartón y FHIA-21 se redujo significativamente cuando el viento y el granizo golpearon la planta en el estado de emisión de la inflorescencia y a los 15 días después de la floración. Los frutos de Dominico-Hartón golpeados por el granizo a los 30-45 días de formados sufrieron menos daños físicos, pero se afectó su calidad general y, también, se observó un aumento significativo de los azúcares totales en la pulpa de los frutos de Dominico-Hartón afectados, pero no en los de FHIA-21. El impacto directo del granizo causó la aparición de áreas necrosadas en la cáscara que luego alcanzaron el interior de la pulpa, comprometiendo la calidad del fruto.

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS

El plátano es muy sensible tanto al exceso como al déficit de agua en el suelo, por lo cual es necesario tomar medidas para regular los niveles de humedad durante el año. Los requerimientos hídricos para crecer normalmente son altos pero dependen del clon, de la radiación solar diaria, de la densidad poblacional, de la edad del cultivo y del área foliar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el consumo de agua por las plantas de plátano es variable porque ni la radiación ni el área foliar permanecen constantes (Belalcázar *et al.* 1991). El plátano es poco tolerante a las deficiencias de humedad y en las hojas, como respuesta al agotamiento del agua en el suelo, se aumenta la resistencia de los estomas al flujo de vapor de agua, reduciendo las tasas de transpiración; esta respuesta al déficit hídrico es visible por el doblamiento de la lámina foliar a lo largo de la nervadura central, poniendo en contacto las dos porciones del envés que son las que presentan las mayores tasas de transpiración, debido a su mayor densidad de estomas (Champion 1975). La sequía causa reducción de la actividad fotosintética por provocar el cierre prematuro de los estomas durante el día. Por esta razón, el desarrollo general de la planta se retrasa, la emisión foliar es lenta, se reduce el tamaño de las hojas e inflorescencias y las hojas más antiguas se secan rápidamente, las cuales parecen no tolerar los déficits hídricos temporales. Si la sequía se prolonga, las hojas se secan una tras otra, las vainas foliares se marchitan y se produce ruptura del seudotallo. El cormo, por el contrario, es más resistente a las sequías prolongadas, conservando la capacidad de emitir hojas cuando la disponibilidad de agua vuelve a ser favorable, aún mucho después de la desaparición del seudotallo. El déficit de agua puede causar algunas distorsiones en la morfología de la planta, restringiendo el crecimiento de los pecíolos los cuales quedan muy juntos en el interior del seudotallo, y al salir las hojas la planta adquiere un aspecto de abanico. Cuando esto ocurre en el período de prefloración, se dificulta la salida de la inflorescencia por tener esta que vencer la

resistencia de los pecíolos compactados, originando anomalías como la torsión del eje sobre sí mismo o la emisión lateral de la inflorescencia en el seudotallo (Champion 1975).

Debido a que las musáceas tienen una área foliar extensa, consumen cantidades grandes de agua. Considerando que el clon Dominicó-Hartón tiene un área foliar permanente por planta de 14 m², se estima un consumo diario de 26 litros de agua en días soleados, 17 litros en días seminublados y 10 litros en días completamente nublados. Un cultivo de plátano con 1.500 plantas ha⁻¹ y un índice de área foliar = 2,1, consume en un mes 1.170 m³ ha⁻¹ de agua, en ambientes soleados y 765 m³ ha⁻¹ en condiciones de nubosidad intensa permanente. En la práctica, se requieren alrededor de 150 mm mensuales de precipitación (1.500 m³ ha⁻¹) para satisfacer las necesidades hídricas del plátano. En zonas y épocas en que la precipitación o el agua almacenada en el suelo sean inferiores a 5 mm día⁻¹, es necesario aplicar riego suplementario. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el consumo de agua por las plantas de plátano es variable, porque ni la radiación solar ni el área foliar permanecen constantes (Belalcázar *et al.* 1991).

TASAS DE FOTOSÍNTESIS Y PRODUCTIVIDAD

El rendimiento del cultivo de plátano depende de la radiación solar interceptada, de la eficiencia de conversión de esta radiación en biomasa, y de los gastos respiratorios de la planta, lo cual puede aumentarse incrementando la porción de la materia seca total que se destina a los racimos. Para esto el plátano, como especie perenne, debe ajustar su actividad fotosintética y metabólica a la producción de fotoasimilados que le permitan crecer, desarrollar estructuras subterráneas de reserva, generar rebrotes vegetativos y llenar los racimos. El ángulo de inserción de las hojas sobre la planta es muy importante para la producción del cultivo del plátano, ya que de esto depende la exposición de las hojas a los rayos solares y la distribución de la RFA a través de las plantas. De esta forma, la fotosíntesis se lleva a cabo en los estratos acumulados de hojas que se superponen sombreándose unas a otras, permitiendo que la RFA incidente sea absorbida a medida que atraviesa los estratos, aprovechándose la mayor parte de ella en las hojas más expuestas. Esto determina que la fotosíntesis sea mayor en las hojas del estrato medio de la planta y que las hojas inferiores, por recibir menos RFA, presenten tasas de fotosíntesis más bajas. Por el arreglo filotáxico de la planta de plátano y la emisión permanente de nuevas hojas, estas cambian de posición durante su proceso de desarrollo y modifican la exposición a la luz solar hasta quedar parcialmente sombreadas, situación que contribuye a la disminución progresiva de las tasas de fotosíntesis y transpiración, afectando el balance de intercambio de gases en la planta.

Debido al tamaño de las hojas de plátano, existen diferencias en cuanto a su actividad fisiológica dependiendo del sector foliar considerado. La comparación entre la actividad fotosintética del ápice y el centro de las hojas en los Dominico, Dominico-Hartón, Hartón y Pelipita indicó, consistentemente, que la tasa neta de fotosíntesis fue superior en el sector foliar central de la hoja en todos los clones estudiados, siendo superior en el clon Hartón (Cayón *et al.* 1994). En las hojas de plátano la mayor tasa fotosintética se alcanza cuando la lámina está completamente expandida y, a partir de ahí, declina fuertemente con la edad, siendo típica esta reducción de la fotosíntesis en las hojas de plantas perennes y de ciclo corto (Silveira, 1987). La tasa de fotosíntesis máxima de una hoja juvenil de plátano se mantiene por un período corto (20 días) y después se reduce al quedar sombreadas por las hojas más nuevas por lo cual, es probable, que estas hojas nuevas emitidas realicen una compensación fisiológica en la planta al alcanzar su mayor tasa de fotosíntesis inmediatamente después que las anteriores. Además, el hecho que la hoja mantenga estable la fotosíntesis durante 60 días del desarrollo, puede ser una contribución fundamental para los procesos fisiológicos de la planta debido a que, desde el punto de vista productivo, es más importante que las hojas funcionales mantengan la tasa de fotosíntesis moderada y constante durante períodos más prolongados (Cayón, 2001).

En un estudio para determinar el comportamiento e intensidad de las tasas de intercambio gaseoso y del proceso de síntesis y degradación de la clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (Cayón, 2001) se encontró que la evolución de la fotosíntesis, transpiración y síntesis de clorofila durante la vida de la hoja, desde el estado de expansión completa de los semilimbos (0 días) hasta la senescencia total de la hoja (140 días), se ajustan a un modelo cuadrático de regresión; en los estados iniciales del desarrollo, la fotosíntesis, transpiración y concentración de clorofila son bajas, se incrementan rápidamente hasta alcanzar valores máximos entre 20 y 40 días después de la expansión completa, y disminuyen gradualmente hasta valores mínimos en la senescencia total.

La fotosíntesis está correlacionada positivamente con la transpiración y el contenido de clorofila en cualquier estado de desarrollo de la hoja, demostrando que el proceso fotosintético está ligado funcionalmente con la transpiración y depende de la concentración de clorofila de la lámina foliar y de la ontogenia de la hoja. Aunque la pérdida de clorofila es un síntoma típico observado durante la senescencia foliar, su desaparición es más lenta que la de otros componentes fotosintéticos (Friedrich & Huffaker, 1980; Holloway *et al.*, 1983; Kura-

Hotta *et al.*, 1987; Makino *et al.*, 1983). Estudios realizados para aclarar el mecanismo de reducción de la fotosíntesis durante la senescencia de las hojas, indican que este fenómeno se debe a cambios en la concentración y cinética de la enzima Rubisco (Evans, 1986; Makino *et al.*, 1985). La actividad de la cadena de transporte de electrones, correlacionada positivamente con la fotosíntesis, también disminuye durante la senescencia foliar, demostrando que la reducción de la fotosíntesis es causada, principalmente, por la degradación funcional de los sistemas fotosintéticos (Camp *et al.*, 1982; Holloway *et al.*, 1983; Kura-Hotta *et al.*, 1987). La menor concentración de clorofila y otros pigmentos fotosintéticos activos pueden limitar el proceso fotoquímico de las hojas, disminuyendo la actividad fotosintética si la concentración se encuentra por debajo de los niveles óptimos para el proceso (Grabrielsen, 1948).

Debido a la gran dependencia de los factores ambientales y genéticos que presenta la fotosíntesis de hojas individuales, el valor de la tasa fotosintética máxima de una hoja, medida durante un día, no ofrece garantías plenas para predecir la tasa máxima de otras hojas de la misma planta bajo condiciones diferentes (Shibles *et al.* 1987); sin embargo, el análisis del comportamiento diario de la fotosíntesis permite evaluar la capacidad de la planta para autorregular sus procesos como respuesta a los estímulos ambientales y comparar el desempeño fisiológico de varios genotipos en un mismo ambiente. La Tabla 5 muestra que existen diferencias en la tasa fotosintética entre clones de plátano y que esta es mayor en los de genoma Balbisiana (ABB). La tasa elevada del clon Cachaco ($21,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) es relevante para plantas C3 que, según Salisbury y Ross (1985) presentan tasas máximas entre 10 y $20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esto confirma que el plátano es una especie C3 y que el estudio y análisis de las tasas fotosintéticas y el desempeño fisiológico de las plantas perennes, en diferentes condiciones ambientales, son herramientas básicas para determinar el potencial productivo de los genotipos en los programas de mejoramiento.

Tabla 5. Tasas máximas de fotosíntesis de los principales clones de plátano, a exposición solar plena.

| Clon | Genoma | Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) |
|-----------------|--------|--|
| Dominico | AAB | 15,8 |
| Hartón | AAB | 13,9 |
| Dominico-Hartón | AAB | 12,7 |
| Pelipita | ABB | 16,1 |
| Cachaco | ABB | 21,7 |

HOJAS Y PRODUCCIÓN DE RACIMOS

El crecimiento y producción del cultivo de plátano dependen del desarrollo progresivo de las hojas, las cuales deben mantenerse funcionales desde la emisión de la inflorescencia y durante el desarrollo de los frutos. El área foliar y la fotosíntesis están estrechamente relacionadas con la acumulación de materia seca y, por lo tanto ha sido utilizada para evaluar la capacidad fotosintética y predecir el desempeño productivo de las plantas de plátano y banano (Turner, 1980; Swennen y De Langhe, 1985; Stover y Simmonds, 1987). La Tabla 6 muestra que la fotosíntesis está relacionada positivamente con el peso del racimo y con el contenido de materia seca en la pulpa de los frutos, indicando que el peso del racimo y la acumulación de materia seca en la pulpa dependen de la actividad fisiológica de las hojas.

Tabla 6. Correlación entre la fotosíntesis, peso del racimo y materia seca de la pulpa del fruto de plátano Dominico-Hartón (Cayón *et al.* 1995).

| Variables | Fotosíntesis | Peso racimo | Materia seca pulpa |
|--------------------|--------------|-------------|--------------------|
| Fotosíntesis | 1,000 | 0,573 * | 0,553 * |
| Peso racimo | – | 1,000 | 0,989 ** |
| Materia seca pulpa | – | – | 1,000 |

* Coeficiente de correlación significativo ($P < 0,05$)

** Coeficiente de correlación significativo ($P < 0,01$)

Para obtener un racimo de buen peso y calidad, las plantas de plátano deben mantener, como mínimo, seis hojas funcionales desde la floración hasta los 45 días de edad del racimo (Belalcázar *et al.*, 1994). Estudios sobre la contribución fisiológica de los tercios foliares durante el desarrollo del racimo de plátano Dominico-Hartón (Cayón *et al.*, 1995), mostraron que las hojas intermedias (hojas 4,5 y 6) e inferiores (hojas 7,8 y 9) de la planta mantienen la tasa fotosintética más constante a través del período de llenado de los frutos, indicando que los tercios foliares medio e inferior están más comprometidos en el llenado de los frutos, y que el tercio superior (hojas 1,2 y 3), más juvenil y activo, probablemente, contribuye más a mantener el crecimiento y desarrollo de la unidad productiva. Desde el punto de vista de la producción, es más importante que las hojas mantengan una tasa de fotosíntesis moderada y constante durante períodos más prolongados del ciclo vegetativo.

Estudios realizados en musáceas han demostrado que las defoliaciones, dependiendo de la época e intensidad, reducen la producción y la calidad de los frutos (Ostmark, 1974; Satyanarayana, 1986). En Colombia, se evaluó la respuesta del plátano Dominico-Hartón a la defoliación selectiva como práctica cultural complementaria en el manejo integrado de la sigatoka negra (Cayón *et al.*, 2000), encontrándose que los racimos de mayor peso se obtuvieron en las plantas con nueve hojas (15,7 kg), seis hojas superiores (14,3 kg) y seis hojas inferiores (13,9 kg), las cuales conservaron las tres hojas intermedias durante todo el período de desarrollo del racimo. El perímetro y peso fresco de los frutos fue mayor en las plantas que conservaron más hojas funcionales, reduciéndose significativamente a medida que la defoliación fue más intensa. La madurez fisiológica de los frutos se alcanzó, en todos los tratamientos, a los 100 días de la floración pero, a medida que la defoliación fue más drástica, los frutos cosechados presentaron menor materia seca en la pulpa y cáscara. El número de manos y frutos por racimo y la longitud del fruto no fueron afectados por las defoliaciones. La remoción de las hojas intermedias de la planta afectó más el crecimiento y desarrollo del racimo que la remoción de las hojas superiores o inferiores, indicando que esas hojas contribuyen eficientemente al llenado de los frutos.

Los resultados anteriores confirman la relación estrecha entre la expresión del potencial productivo de la planta de plátano y la actividad de las hojas presentes durante el período de llenado de los frutos, lo cual se evidencia con las mejores características físicas de los componentes del rendimiento mostradas por las plantas que conservan mayor área foliar funcional. Teniendo en cuenta esto, las defoliaciones selectivas de las plantas de plátano, en el inicio de la floración, pueden servir como una práctica complementaria para el manejo de las sigatokas amarilla y negra, pero no se deben eliminar las últimas seis hojas formadas –que incluyen las tres intermedias– las cuales contribuyen eficientemente al llenado de los frutos.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL RACIMO

Después de la emergencia en el ápice de la planta, el crecimiento del racimo (en peso fresco o seco) sigue el modelo sigmoideal típico del crecimiento vegetal, con una fase inicial a una tasa moderada y constante hasta los 30 días después de la floración (DDF), seguida de una fase de incremento rápido hasta los 100 DDF y posteriormente una disminución del peso si el racimo continúa adherido a la planta. La tasa de acumulación de materia seca en el raquis es moderada y constante al inicio del período de llenado del racimo, incrementándose vertiginosamente a partir de los 60 días, para completar su crecimiento al momento de la cosecha (100 DDF).

Crecimiento del fruto

La Tabla 7 presenta el proceso de crecimiento del fruto de plátano Dominico-Hartón desde los 20 días después de la floración (DDF). Se observa que hay un incremento muy rápido de la longitud dorsal hasta los 40 DDF, luego tiende a permanecer constante, hasta alcanzar su valor máximo en la madurez fisiológica (100 DDF) y disminuye ligeramente hacia el fin del llenado. En contraste, el incremento del perímetro es continuo hasta la cosecha (Morales *et al.*, 1998).

Tabla 7. Crecimiento de los frutos de Dominico-Hartón (Morales *et al.*, 1998).

| | Días después de floración | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| Longitud (cm) | 14,3 | 20,4 | 19,6 | 22,0 | 24,3 | 21,0 | 23,4 |
| Perímetro (cm) | 9,6 | 11,5 | 11,1 | 14,1 | 15,0 | 14,9 | 15,5 |
| Peso fresco total (g) | 53,0 | 120,0 | 126,7 | 241,7 | 306,6 | 308,0 | 301,5 |
| Peso fresco pulpa (g) | 14,3 | 48,0 | 53,5 | 133,6 | 186,5 | 189,1 | 188,4 |
| Peso fresco cáscara (g) | 38,7 | 72,0 | 73,2 | 108,1 | 120,1 | 118,9 | 113,1 |
| Peso seco total (g) | 4,8 | 20,6 | 24,9 | 62,8 | 95,8 | 75,3 | 96,2 |
| Peso seco pulpa (g) | 1,5 | 12,0 | 15,6 | 48,9 | 77,9 | 61,0 | 79,7 |
| Peso seco cáscara (g) | 3,3 | 8,6 | 9,3 | 13,9 | 17,9 | 14,3 | 16,5 |

El aumento del peso fresco y seco del fruto, desde la emergencia de la inflorescencia hasta la cosecha comercial, es exponencial (Turner 1994). El crecimiento de la pulpa y cáscara varían durante el llenado de los frutos como consecuencia de la dinámica de los diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren. En los primeros 40 días del crecimiento, los frutos presentan un incremento rápido del peso fresco y seco de la pulpa y la cáscara; durante este período la cáscara presenta la mayor proporción del peso seco de los frutos y, a partir de esa época, la acumulación de materia seca en la cáscara es superada significativamente por la pulpa; entre 60 y 100 días después de la floración (DDF), la tasa de acumulación de materia seca de la pulpa experimenta un aumento significativamente superior al de la cáscara, indicando que el proceso de distribución de la biomasa es preferencial hacia la pulpa. Este comportamiento puede deberse a que, en los primeros estados de desarrollo, el fruto debe formar su envoltura, haciendo que la cáscara sea la demanda preferencial de los fotoasimilados producidos por las hojas. El racimo de plátano se cosecha cuando los frutos llegan a la madurez fisiológica (estadio de máxima acumulación de materia seca), la cual se alcanza de 80 a 120 días después de la brotación de la inflorescencia, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona de producción. En este estado de madurez fisiológica, la distribución de la biomasa en el racimo muestra que en la pulpa de los frutos se encuentra el 82,3% materia seca, en la cáscara el 16,6%, en el raquis el 1,5% y en la bacota o bellota el 0,6% (Morales *et al.*, 1998).

Influencia del clima sobre el racimo y el fruto

El tamaño, calidad y presentación de los frutos de plátano en una localidad dependen del genotipo, las condiciones ambientales predominantes y la adaptación de su fisiología a éstos ambientes diversos durante el período de desarrollo del racimo (Uthaiyah *et al.* 1992; Turner, 1994). En un estudio para determinar la influencia de las condiciones ambientales sobre las características físicas del fruto del clon Domino-Hartón (Tabla 8), se observó que los racimos de mayor peso se desarrollaron en época lluviosa y menor altitud, y los frutos provenientes de mayor altitud presentaron más contenido de cáscara y menor porcentaje de pulpa en las dos épocas climáticas. Los frutos desarrollados a 1.020 m.s.n.m. y en época lluviosa, presentaron la mayor longitud, mientras que el grosor de no fue afectado por la época climática ni por la altitud, confirmando la influencia de las condiciones ambientales de la zona de producción. Al respecto, se ha considerado que, desde el punto de vista comercial, la franja adecuada para el desarrollo de este clon se ubica entre 0 y 1.350 m.s.n.m., en localidades donde la temperatura media no sea inferior a 18°C y las diferencias diarias de temperatura no sean muy amplias (Belalcázar *et al.*, 1991). De acuerdo con esto, altitudes de 1.600 m.s.n.m. no presentan las condiciones adecuadas para producir plátano Dominico-Hartón de buena calidad, lo cual se manifestó en la baja calidad física de estos frutos.

Tabla 8. Peso y componentes del racimo de Dominico-Hartón proveniente de dos épocas climáticas y tres altitudes (Adaptado de Arcila *et al.*, 1998).

| Época | Altitud (m.s.n.m.) | Peso racimo (kg) | Fruto | | | |
|----------|-----------------------|---------------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| | | | Largo (cm) | Grosor (cm) | Pulpa (%) | Cáscara (%) |
| Lluviosa | 1.020 | 15,8 | 28 | 17 | 62 | 38 |
| | 1.320 | 17,4 | 21 | 15 | 55 | 45 |
| | 1.600 | 12,0 | 24 | 17 | 57 | 43 |
| Seca | 1.020 | 16,4 | 21 | 16 | 59 | 41 |
| | 1.320 | 15,2 | 21 | 14 | 58 | 42 |
| | 1.600 | 13,0 | 23 | 14 | 57 | 43 |

Los efectos de la temperatura sobre el peso del racimo pueden ser interpretados por su influencia en el número y tamaño de los frutos. Según Turner (1994), el efecto sobre el tamaño depende del peso inicial del fruto, de su tasa relativa de crecimiento y del tiempo necesario para alcanzar su estado óptimo de cosecha, mientras que la influencia de la temperatura sobre el número de frutos es más probable que ocurra durante el período de diferenciación del racimo. Turner (1994) expresa que el incremento de peso en los frutos de plátano y banano, desde la emergencia del racimo hasta la cosecha comercial en el estado de madurez fisiológica, es exponencial y está correlacionado linealmente con la temperatura media durante ese período, lo cual concuerda con los resultados del estudio en mención que indican que los frutos de mayor tamaño y calidad se obtienen a menor altitud, como consecuencia de la interacción entre temperatura y precipitación como factores ambientales determinantes en dichas altitudes, demostrando que las cantidades menores de lluvia durante el llenado de los frutos, dan como resultado frutos de menor tamaño.

El análisis del desempeño fisiológico de las plantas en diferentes condiciones ambientales, es de gran importancia para desarrollar y aplicar técnicas que permitan superar las pérdidas que se ocasionan en los rendimientos de los cultivos durante las fases de pre y postcosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Arcila, M.I.; Torres, F.; Cayón, G.; Giraldo, G. 1998. Cambios físicos durante la maduración del fruto de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*) asociados con el clima de la región cafetera central colombiana. *Revista Corbana (Costa Rica)* 23 (49): 57-68.
- Belalcázar, S.; Cayón, G.; Lozada, J.E. 1991. Ecofisiología del cultivo. *In*: Belalcázar, S. (ed.). *El cultivo del plátano en el trópico*. ICA-INIBAP-CIID-COMITECAFE Quindío. Feriva, Cali. pp. 91-109.
- Belalcázar, S.; Valencia, J.A.; Arcila, M.I. 1994. Estudio sobre densidades de población en plátano clon Domico-Hartón (*Musa AAB, Simmonds*) en Colombia. *En*: ACORBAT X Reunión de la Asociación para la Cooperación en investigación de Bananos en el Caribe y en América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). *Memorias*. Miguel A. Contreras, José A. Guzmán, Luis R. Carrasco. (eds.). San José, C.R. CORBANA. pp. 535-548.
- Belalcázar, S.; Valencia, J.A.; Arcila, M.I. 1994. Influencia de la defoliación sobre la producción de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*). *In*: ACORBAT. X Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). *Memorias*. Editores Miguel A. Contreras; José A. Guzmán; Luis R. Carrasco, San José, C.R., CORBANA. pp. 525-534.
- Belalcázar C., S.; Valencia M., J.A.; Arcila P., M.I.; Cayón S., G. 1995. Efecto de la defoliación selectiva durante la floración sobre el llenado de los frutos del clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*). *En*: *Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano*. ICA-COMITECAFÉ QUINDÍO-CIID (IDRC)-CORPOICA-INIBAP-INPOFOS. Armenia. pp. 104-111.
- Camp P.J., S.C. Huber, J.J. Burke & D.E. Moreland. 1982. Biochemical changes that occur during senescence of wheat leaves. I. Basis for the reduction of photosynthesis. *Plant Physiol.* 70: 1641-1646.

- Cayón, G. 1992. Fotosíntesis y productividad de cultivos. *Revista Comalfi* 19 (2): 23-31.
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. 1994. Estudios comparativos sobre la actividad fotosintética de clones de plátano (*Musa* AAB, ABB Simmonds) en Colombia. En: ACORBAT. X Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). Memorias. Editores Miguel A. Contreras; José A. Guzmán; Luis R. Carrasco, San José, C.R., CORBANA. pp. 549-558.
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. 1995. Respuestas fisiológicas del plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) en densidades altas de siembra. En: ACORBAT. XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (02, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. Editora Vicky Morales Soto. ACORBAT. pp. 687-699.
- Cayón, G.; Lozada, J.E.; Belalcázar, S. 1995. Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (*Musa* AAB Simmonds) durante el llenado del racimo. *In*: ACORBAT. XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical (02, 1994, San José, Costa Rica). Memorias. Editora Vicky Morales Soto. ACORBAT. pp. 725-739.
- Cayón Gutiérrez, M.G.; El-Sharkawy, M.A.; Mejía de Tafur, S. 1998. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en el clon de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *InfoMusa* 7 (2): 12-14.
- Cayón, G.; Morales, H.; Celis, L.D. 2000. Respuestas del plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds) a la defoliación selectiva en la zona cafetera central. *Acta Agronómica* 50 (1, 2): 20-25.
- Cayón, G. 2001. Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo de la hoja de plátano (*Musa* AAB Simmonds). *InfoMusa* (Francia) 10 (1): 12-15.
- Champion, J. 1975. *El Plátano*. Traducción 3a. ed. inglesa, por Palomeque, F. Blume, Barcelona. 247 p.
- Evans J.R. 1986. The relationship between CO₂-limited photosynthetic rate and ribulose-1, 5 bisphosphate-carboxylase content in two nuclearcytoplasm substitution lines of wheat and coordination of ribulose-bisphosphate-carboxylation and electron-transport capacities. *Planta* 167: 351-358.
- Friedrich J.W. & R.C. Huffaker. 1980. Photosynthesis, leaf resistances and ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase degradation in senescing barley leaves. *Plant Physiol.* 65: 1103-1107.
- Gabrielsen E.K. 1948. Effects of different chlorophyll concentrations on photosynthesis foliage leaves. *Physiologia Plantarum* 1: 5-37.
- Holloway P.J., D.J. Maclean & K.J. Scott. 1983. Rate-limiting steps of electron transport in chloroplasts during ontogeny and senescence of barley. *Plant Physiol.* 72: 795-801.
- Kura-Hotta M., K. Satoh & S. Katoh. 1987. Relationship between photosynthesis and chlorophyll content during leaf senescence of rice seedlings. *Plant Cell Physiol.* 28: 1321-1329.
- Makino A., T. Mae & K. Ohira. 1983. Photosynthesis and ribulose 1, 5 bisphosphate-carboxylase in rice leaves. Changes in photosynthesis and enzymes involved in carbon assimilation from leaf development through senescence. *Plant Physiol.* 1002-1007.
- Makino A., T. Mae & K. Ohira. 1985. Photosynthesis and ribulose 1,5 bisphosphate-carboxylase/oxygenase in rice leaves from emergence through senescence. Quantitative analysis by carboxylation/oxygenation and regeneration of ribulose 1,5 bisphosphate. *Planta* 166: 414-420.
- Morales, H.; Belalcázar, S.; Cayón, G. 1998. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico-química de los frutos en cuatro clones comerciales de musáceas. En: Seminario Internacional sobre Producción de Plátano (1998, Armenia, Colombia). Memorias. Giraldo, M.; Belalcázar, S.; Cayón, G.; Botero, R. (Eds.). CORPOICA, UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO, COMITECAFÉ QUINDÍO, SENA. pp. 237-246.
- Ostmark, H.E. 1974. Economic insect pest of bananas. *Ann. Rev. Entom.* 19:161-176
- Puvis, J. 1945. Contribution a etude de la pigmentation des bananes en Guinée française. *Fruits* 1 (4).
- Raschke, K. 1956. Über die physikalischen Beziehungen zwischen arbeitsübergangszahl, Strahlungsaustausch, Temperatur and Transpiration eines Blattes. *Planta* 48: 200-238.
- Robinson, J. C.; Bower, J. P. 1988. Transpiration characteristics of banana leaves (cv."Williams") in response to progressive depletion of available soil moisture. *In*: Memorias de la IV reunión sobre agrofisiología del banano. (J. A. Guzmán; R. Romero, eds.). pp. 53-65. ASBANA, Costa Rica.

- Rose, Ch.; Lara, L.M.; Cayón, G.; Giraldo, G. 2001. Efecto del granizo y el viento sobre el desarrollo y calidad de los frutos de plátano Dominico-Hartón y FHIA 21. *InfoMusa* (Francia) 10 (2): 13-17.
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1985. *Plant Physiology*. Walsworth, Belmont. 540 p.
- Satyanarayana, M. 1986. Effect of number of functional leaves on growth and yield of "Dwarf Cavendish" banana (AAA). *Newsletter of the International Group on Horticultural Physiology of Banana*, University of Western Australia, 9:34-6.
- Shibles, R.; Secor, J.; Ford, D.M. 1987. Carbon assimilation and metabolism. In: *Soybeans: Improvement, Production, and uses*. ASA-CSSA-SSSA, Madison. pp. 535-588.
- Shmueli, E. 1960. Chilling and frost damage in banana leaves. *Buw. Res Council Israel*. 8 (3,4): 225.
- Silveira, M. 1987. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: *Ecofisiologia da Produção Agrícola*. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, Piracicaba. pp. 13-48.
- Slocum, A.F. 1933. Effect of low temperatures upon cell structure. *Bull.* 48. Res. Depart. U.F.C.
- Stover, R.H.; Simmonds, N.W. 1987. *Bananas*. Third edition. Longman Scientific & Technical, London, UK.
- Swennen, R.; De Langhe, E. 1985. Growth parameters of yield of plantain (*Musa* cv. AAB). *Ann. Bot.* 56: 197-204.
- Tai, E. A. 1977. Banana. In: *Ecophysiology of tropical crops*. P. de T. Alvim; T. T. Kozłowski (eds.). Academic press, New York. pp. 441-460.
- Taylor, S.E.; Sexton, O.J. 1972. Some implications of leaf tearing in *Musaceae*. *Ecology* 53: 143-149.
- Turner, D.W. 1980. Some factors related to yield components of banana in relation to sampling assess nutrient status. *Fruits* 35: 19-23.
- Turner, D.W. 1994. Bananas and Plantains. In: Schaffer, B. and Andersen, P. (eds.). *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Volume II: Sub-tropical and tropical crops. pp. 37-64.
- Uthaiyah, B.C.; Indires, M.; Jayarama Reddy And Balakrishna Rao, K. 1992. Performance of banana cultivars under indian west coast conditions. *Agric. Res. J. Kerala* 30(2):84-88.