

**EL CULTIVO DE PLÁTANO
(MUSA AAB SIMMONDS):
ECOFISIOLOGÍA Y MANEJO
CULTURAL SOSTENIBLE**

**JOSÉ LUIS BARRERA VIOLETH
CARLOS ENRIQUE CARDONA AYALA
DANIEL GERARDO CAYÓN SALINAS**

El cultivo de plátano (Musa AAB Simmonds): ecofisiología y manejo cultural sostenible

Primera edición: 2011

Autores

José Luis Barrera Violeth

Carlos Enrique Cardona Ayala

Daniel Gerardo Cayón Salinas

Universidad de Córdoba

www.unicordoba.edu.co

Editorial Zenú

www.editorialzenu.com

Dirección editorial

Henry Andrés Ballesteros Leal

Revisión científica:

Elkin Yabid Agámez Ramos

Diseño de caratula

Oscar Luis Posada Durango

Impresión y encuadernación

Cadena S.A.

www.cadena.com.co

ISBN: 978-958-9244-29-6

Queda rigurosamente prohibida, sin autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía, el tratamiento informático, así como la distribución de ejemplares de la misma mediante alquileres o préstamos públicos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1. ECOFISIOLOGÍA DEL PLÁTANO	10
1.1. Clasificación bioquímica de la especie.....	10
1.2 Factores asociados con productividad	10
1.2.1 Radiación solar.....	10
1.2.2. Fotosíntesis de la comunidad.....	13
1.3 Disponibilidad de CO ₂	16
1.4 Temperatura	17
1.5. Agua	19
1.6. Material genético	22
1.7. Respiración.....	23
1.7.1 Disponibilidad de sustratos.	23
1.7.2 Momentos de la respiración	23
1.7.3 Respiración del dosel	23
1.7.4 Disponibilidad de oxígeno	24
1.7.5 Edad de la planta.....	24
1.8. Distribución espacial del cultivo	24
1.8.1 Relación entre rendimiento y población	24
1.8.2 Respuesta de las plantas a la competencia.....	25
1.8.3 Arreglo y distribución	26
1.9 Patrón de crecimiento.....	26
1.9.1 Morfofisiología	26
1.10 Crecimiento y desarrollo.....	29
1.10.1 Desarrollo	29
1.10.2. Emisión de hojas	30
1.10.3 Diferenciación floral.....	30
1.10.4 Floración	30
1.10.5 Etapas de desarrollo de acuerdo a la BBCH	30
1.11 Crecimiento	40
1.11.1 Fase vegetativa	40
1.11.2 Fase reproductiva.....	40
1.11.3 Fase productiva	40
1.12 Determinantes fisiológicos	40
1.12.1 Área foliar e Índice de Área Foliar (IAF).....	41
1.12.2 Tasa de Asimilación Neta (TAN).....	41
1.12.3 Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)	42
1.12.4 Arquitectura de la planta	42
1.12.5 Distribución de los fotosintatos.....	42
1.12.6 Componentes del rendimiento	43
2.1. Deshije.....	45
2.1.1 Tipos de hijos o puyones.....	45
2.2 Desvío de puyones.....	49
2.3 Desguasque	49
3.4 Deshoje	49
2.5 Amarre de plantas	51
2.6 Destronque	52

3. LABORES CULTURALES EN ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS	55
3.1 Desflore	55
3.2 Desbacote.....	56
3.3 Poda de manos (desmane)	56
3.4 Embolse	59
3.5 Tipos de bolsa	60
3.6 Encintado.....	62
4. MANEJO DE ARVENSES CON COBERTURAS VEGETALES	65
4.1 Coberturas vegetales.....	65
4.1.1 Funciones de las coberturas vegetales	65
4.1.2 Ventajas de las coberturas vegetales.....	65
4.1.3 Desventajas	66
4.1.4 Usos de los cultivos de cobertura.....	67
4.2 Protección con malezas nobles	68
4.3 Tipos de coberturas	69
4.3.1 Monocoberturas.....	69
4.3.2 Cobertura asociada (policobertura)	71
4.3.3 Coberturas espontáneas	72
4.4 Introducción de leguminosas.....	73
4.5 Consideraciones con respecto a las coberturas	74
4.6 Algunos resultados de investigaciones sobre uso de coberturas vegetales.....	74
5. SUELOS Y FERTILIDAD.....	77
5.1. Suelos	77
5.1.1. Propiedades físicas	77
5.1.2. Propiedades químicas	79
5.2 Fertilización del cultivo de plátano.....	80
5.2.1. Requerimientos nutricionales del cultivo de plátano	80
5.2.2. Elementos minerales que nutren el cultivo.....	81
5.2.3. Épocas de aplicación de los fertilizantes.....	89
5.2.4. Formas de aplicación de los fertilizantes	90
ANEXO	99
Fotografía 1. Labor de deshije en plátano Hartón	99
Fotografía 2. Pasos en la labor de desguasque o eliminación de calcetas.	99
Fotografía 3. Labor de deshoje en plátano clon Hartón.	100
Fotografía 4. Sistema de amarre con cuerda de polipropileno, en plátano Hartón.	100
Fotografía 5. Labor de desflore en plátano clon Hartón.....	101
Fotografía 6. Labor de desbacote en plátano Hartón.....	101
Fotografía 7. Racimos embolsados de plátano Hartón.	102
Fotografía 8. Condición prematura para el embolse.	102

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano en Colombia es de gran importancia socioeconómica, por la generación de empleos directos e indirectos y por ser uno de los componentes básicos de la canasta familiar, lo cual se refleja en el alto consumo per cápita.

La tecnología de producción difiere según las condiciones agroecológicas de cada región y el destino de mercado: plazas de mercado o supermercados especializados, industria, exportación. Este último es el de más exigencia técnica debido a los requerimientos comerciales demandados por las cadenas de mercados.

En los cultivos, la producción está controlada por la interacción entre el potencial genético de las plantas y las condiciones ecológicas en que ellas crecen, por lo cual es complejo comprender los procesos fisiológicos que controlan el crecimiento y desarrollo.

Desde el punto de vista fisiológico, la planta de plátano presenta características especiales que despiertan el interés científico de estudios en esta disciplina. Como especie perenne debe pasar por una etapa de desarrollo que le permite construir el sistema de raíces para los procesos de absorción, y las hojas para la asimilación (fotosíntesis). 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 con el desarrollo de éstos órganos. Debe regular sus procesos fisiológicos para mantener el crecimiento vegetativo y producir frutos simultáneamente.

En el cultivo de plátano, es necesario que las labores agronómicas sean oportunas al igual que las condiciones ambientales externas favorables para alcanzar altos rendimientos.

Las últimas tendencias mundiales apuntan a la explotación sostenible de los sistemas de producción por múltiples causas, entre las que se destacan el calentamiento global, la contaminación de alimentos por el uso indiscriminado de agrotóxicos y la relación de éstos con enfermedades como el cáncer, entre otras, lo que ha conducido a la implementación de normas de producción más limpia y su exigencia para la comercialización en cadenas de mercado europeas (Global gap). Esto ha permitido una agricultura sostenible y socialmente justa.

Bajo este contexto, en este libro, se organizaron resultados de investigación y se recabó información en diversas fuentes para brindar a todas las personas relacionadas con este sistema de producción, una herramienta que permita interpretar el comportamiento de las plantas y la implementación de medidas acordes con las necesidades observadas, disminuyendo al mínimo, los efectos desfavorables al medio ambiente.

En cada capítulo se aborda cada aspecto significativo del sistema de producción relacionado con la ecofisiología, suelos y nutrición, manejo de arvenses y prácticas culturales.

1. ECOFISIOLOGÍA DEL PLÁTANO

1.1. Clasificación bioquímica de la especie

El plátano de acuerdo al manejo particular del CO_2 , se clasifica en el grupo de las plantas C-3, esto es, el primer compuesto fijado en el proceso fotosintético, tiene tres carbonos, predominando el ciclo de Calvin. La vía de Hatch Slack, propia de especies C-4, muestra un grado bajo de actividad. La enzima involucrada en la carboxilación primaria, ribulosa 1,5-bifosfato carboxilasa, es también oxigenasa. A medida que aumenta la concentración de oxígeno, una proporción creciente del CO_2 fijado se canaliza por la vía del glioxilato, el cual proporciona los sustratos para la fotorespiración y para otras síntesis. Entre un 20 y un 50% del carbono fijado se respira inmediatamente (Salisbury y Ross, 1994).

1.2 Factores asociados con productividad

1.2.1 Radiación solar

El plátano se siembra en condiciones muy variadas de radiación solar, desde regiones de gran nubosidad, $184 \mu\text{mol}$ de fotones $\text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$, hasta otras con irradiación promedio de $1500 \mu\text{mol}$ de fotones $\text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

La irradiancia total es de 1360 W m^{-2} (constante solar) en límite superior de la atmósfera, y al considerar la distancia media entre la Tierra y el Sol, incluye las longitudes de onda del infrarrojo y ultravioleta. En un día despejado de verano el flujo fotónico fotosintético (FFF) equivale a un valor comprendido entre 2000 y 2300 μmol de fotones $\text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$, que puede calcularse a partir de los valores de la radiación fotosintéticamente activa RFA (bajo cielo despejado este valor fluctúa entre 400 y 500 W m^{-2}), suponiendo que la luz del sol, en el intervalo de la RFA, tiene una longitud de onda promedio de 550 nm y sabiendo que un mol de fotones a esta longitud de onda tiene 217 kJ de energía (Salisbury y Ross, 1994).

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 pseudotallos se alargan demasiado (Sketch, 1931). Las plantas expuestas a radicación solar insuficiente crecieron 70 cm más, que aquellas expuestas a radiación más intensa y tuvieron un período vegetativo más prolongado, retrasándose la floración tres meses, pero sin afectar los rendimientos (Champión, 1975). La radiación también influye directamente sobre el proceso de maduración y composición química de los frutos de plátano, en particular en la concentración de azúcares no reductores (Cayón, Giraldo y Arcilla, 2000).

Para que las plantas y los racimos se desarrollen bien, requieren de alta radiación fotosintéticamente activa (RFA), fundamental para la brotación (germinación) y crecimiento de nuevos brotes; de ahí la necesidad de seleccionar densidades, distribuciones y labores oportunas que favorezcan la producción de plantaciones jóvenes (Cayón, 1998). En trabajos realizados en el municipio de San Pelayo (Córdoba), se observó que cuando se efectuó el deshije a las 12, 16 y 20 semanas después de la siembra, se obtuvo un mayor desarrollo de los brotes y producción, como consecuencia de mejores distribuciones espaciales con respecto al testigo o control (sin deshije) (Pérez y Negrete, 2001).

Los cambios en el patrón de crecimiento, inducidos por la RFA, pueden favorecer o perjudicar la producción, porque la interceptación de luz y su distribución a través del dosel de las plantas es un factor importante en la productividad de los cultivos. En los meses de menor radiación solar, los racimos alcanzan menor peso, al mismo tiempo, que aquellos desarrollados durante los meses del año en los cuales se recibe una cantidad de luz adecuada (Sierra, 1993). Los bananeros se ven entonces forzados a recolectar los racimos, una o dos semanas más tarde.

1.2.1.1 Intensidad lumínica para el estímulo de apertura de estomas

La apertura estomática es fundamental para el intercambio gaseoso y, por consiguiente, para la difusión del CO₂. La intensidad lumínica requerida para banano ha sido estudiada por Brun (1961) y se ha estimado en 220 $\mu\text{moles de m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el haz y 572 $\mu\text{moles de m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en el envés; se estima un comportamiento similar en plátano. Las plantas presentan un mayor número de estomas por el envés de (158 estomas mm^{-2}), en relación 4:1 con el haz; no todos los estomas al llegar al punto de saturación de luz se cierran, ya que la planta cuenta con mecanismos para permitir el intercambio gaseoso. La principal fuente de energía que utilizan las plantas verdes, es la radiación solar, comprendida entre 0.4 y 0.7 μm del espectro de luz. La calidad y duración de ésta, depende de factores como altitud, nubosidad, polvo, coberturas vegetales y la latitud, respectivamente.

La capacidad de las plantas para transformar esta energía, también depende de otros factores como el área foliar, estado sanitario, ángulo de inserción y forma de la hoja que influyen en el aprovechamiento de la luz.

En comunidades de plantas como las Musáceas, la fotosíntesis se lleva a cabo en estratos de hojas que se superponen sombreándose unas a otras. De esta manera la radiación incidente es absorbida a medida que atraviesa las capas de hojas, aprovechando la mayor parte de ellas; estudios realizados por Belalcázar, Valencia y Arcila, (1994), confirman esta situación al evaluar el contenido de clorofila en diferentes estratos de hojas en densidades siembras altas; reportó que el contenido de clorofila aumenta con incrementos en la densidad de siembra, como respuesta de la planta para compensar la falta de luz y maximizar la captación de energía; también se observó en campo que las plantas, en sistemas agroforestales, el color verde de sus hojas es más intenso que las plantas de mono cultivo y de exposición plena.

Para que haya fotosíntesis es esencial la absorción de la radiación por los cloroplastos. El grado en que la radiación es utilizada depende de la concentración de la clorofila y de otros pigmentos fotosintéticamente activos. Este factor, probablemente, es el que limita el proceso fotoquímico de las hojas. Bajo condiciones de luz intensa, la deficiencia de clorofila reduce significativamente la tasa fotosintética. Es importante destacar al respecto, que las Musáceas crecen y se desarrollan satisfactoriamente en condiciones de semipenumbra, lo cual las protege de algunos problemas fitosanitarios como Sigatoka Amarilla y Sigatoka Negra, al prolongar el ciclo de vida del agente causal, de tal forma que los síntomas sólo aparecen cuando la hoja entra en senescencia.

Con respecto al llenado del racimo, estudios realizados por Barrera y Cayón, (2004), encontraron que el periodo crítico de llenado del fruto son los 45 días después de la emisión de la bellota. Efectos negativos por ausencia de luz o mala calidad de ésta, por interferencia, causa reducciones significativas en el llenado del fruto, que no estuvieron expuestos a la luz, presentaron una coloración amarilla que demerita su

calidad. Como se comentó anteriormente, la presencia de luz está comprometida con la formación de azúcares que, posteriormente, por acción enzimática son convertidos a almidón, que a su vez, de nuevo, es reconvertido a azúcares durante la maduración.

La acumulación de unidades de calor está muy correlacionada con la temperatura y la densidad de siembra, puede variar la duración del ciclo vegetativo para plátano y banano. Para el Caribe colombiano puede ser 8 a 12 meses y en la Zona Cafetera colombiana, el ciclo del clon Dominico Hartón es de 14 a 16 meses.

Otros estudios, reportados por Belalcázar, Cayón y Lozada, (1991a), señalan que bajo las condiciones ambientales del Valle del Cauca y el Quindío en Colombia, la tasa máxima fotosintética de clones evaluados de plátano, fluctuó entre 10.06 y 26.05 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹. Para las condiciones de Palmira, donde la radiación fotosintéticamente activa fluctuó entre 87.65 y 355.44 W m⁻², la máxima tasa de fotosíntesis, entre los clones que recibieron exposición solar plena, correspondió al Maritu; el Pelipita mostró una tasa de 10.06 mg CO₂ dm⁻² h⁻¹ debido a que las plantas se encontraban en condiciones de semipenumbra, 87.65 W m⁻².

En el Centro de Investigación (C.I.) El Agrado (Armenia), donde los clones estuvieron expuestos, a igual nivel de radiación solar, se observaron diferentes tasas fotosintéticas de las hojas de acuerdo con la edad; las hojas más jóvenes y completamente extendidas fueron las menos eficientes en todos los cultivares estudiados. La mayor actividad fotosintética en la hoja uno, correspondió al "Pelipita" y en la hoja tres al "Cachaco", clon de menor eficiencia fotosintética promedio en esta localidad.

En los cultivos de plátano y banano se ha observado que las plantas que crecen en condiciones de menor intensidad de luz, prolongan su periodo vegetativo y cambian morfológicamente siendo más altas y de hojas con mayor área foliar.

Estudios realizados en Tierralta – Córdoba, en el cual se evaluó el efecto de diferentes intensidades de luz sobre el crecimiento y desarrollo del plátano Hartón se observó que las plantas incrementaron su ciclo de vida y la altura, proporcionalmente al grado de intensidad de luz.

También es importante destacar que la fotosíntesis decrece con la edad de la hoja, su posición en la planta y estado fisiológico, por lo tanto sería importante replantear la programación de eliminación de hojas, sobre todo en banano donde las plantas tienen hasta 15 hojas y las últimas, del dosel inferior, presentan cierto grado de daño por insectos y enfermedades. Desde el punto de vista fisiológico una hoja afectada pierde eficiencia fotosintética y se ve forzada a activar, en mayor grado, el metabolismo secundario para superar la condición estresante.

1.2.1.2 Punto de saturación de luz

A partir del punto de compensación luminosa (irradiancia a la que la fotosíntesis se encuentra en equilibrio con la respiración, aproximadamente 2% de la luz solar plena), la fotosíntesis en plátano se incrementa hasta alcanzar el máximo valor hacia las horas del mediodía, cuando el FFF es superior a 1200 μmol s⁻¹ m⁻², intensidad a la cual se satura el proceso en hojas individuales (Cayón, Lozada y Belalcázar, 1994). Es natural que como planta C-3, sus hojas se saturen a irradiaciones relativamente bajas (un tercio a la mitad de la luz solar plena, tomando en aproximadamente 500 W m⁻², la densidad de flujo de radiación visible con luz solar plena). En la zona del Caribe Colombiano, donde se presentan radiaciones superiores a los reportados por

Cayón, Lozada y Belalcázar, (1994), la saturación se alcanza más temprano, evidenciándose como respuesta de la planta a este fenómeno, el plegamiento de los semilimbos, en ocasiones, antes del mediodía.

1.2.2. Fotosíntesis de la comunidad

1.2.2.1. Interceptación de la radiación

Valores medios de área foliar por planta de 14 m² con índices de área foliar de 1.66 son comunes en plantaciones comerciales adultas de plátano, lo cual permite buena interceptación de la luz en plantas individuales. Al inicio, cuando se establece el cultivo, hay mucha pérdida de irradiancia, por superficie sin cobertura, pero una vez el cultivo alcanza la etapa de floración, prácticamente se cubre toda el área.

Trabajos realizados por Aristizabal, Arenas y López, (1997), en Manizales, en el clon Enano Hartón Hondureño, mostraron que el área foliar se incrementó notablemente hasta la hoja 52, de ésta hasta la 61 se mantuvo constante, teniendo en cuenta que ésta hoja y las anteriores disminuyen su tamaño hasta la hoja placentaria que es supremamente pequeña comparada con las hojas emitidas en la etapa de la diferenciación floral, que son los de mayor tamaño.

Las plantas procedentes de cultivos in-vitro garantizan una mayor uniformidad y reducen el porcentaje de sitios perdidos aproximadamente 10% (Aristizabal, Arenas y López 1997); además, la absorción de nutrientes es más eficiente, por presentar un sistema radical mayor que las plantas procedentes de cormos (Espinoza y López, 1995). Otro factor que influye en este proceso es el tamaño del cormo, que influye en el número de hojas; a menor tamaño de cormo, mayor número de hojas, lo cual incide en la duración del ciclo vegetativo (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991a).

1.2.2.2 Autosombreamiento

En comunidades de plátano, la fotosíntesis se lleva a cabo en estratos acumulados de hojas que se sobreponen sombreándose unas a otras. De esta manera, la luz incidente es absorbida a medida que atraviesa las capas de hojas, aprovechando la mayor parte de ella. Las hojas inferiores del plátano que están menos expuestas a la radiación solar, deben realizar fotosíntesis a una tasa menor que las hojas superiores (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991a).

Al medir la captación de luz y la concentración de clorofila en hojas del Clon Dominicó-Hartón, en tres densidades de siembra (Cayón, 1995), se observó una mayor captación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) a medida que se incrementa la densidad de población, estrategia importante para aumentar la interceptación. Los incrementos en la clorofila total (mg·g⁻¹ de peso seco) fueron superiores en altas densidades por el mismo efecto, pero se observó una reducción significativa en la emisión de colinos por planta (Tabla 1).

Las hojas de banano y plátano, inicialmente tienen posición erectófila y a medida que se desarrollan, por efecto de su peso, toman posición planófila; cuando mueren o son cortadas y retiradas de la planta se incrementa la captación de luz de las inferiores. Al evaluar el efecto del deshoje sobre el llenado del racimo, se evidenció que el tercio foliar (dosel) más comprometido con el llenado es el medio. No obstante, el tercio inferior incrementó notablemente su actividad fotosintética cuando se eliminaron los tercios superior y medio, lo cual comprueba que el tamaño y posición

de las hojas, a pesar de su disposición en forma de espiral (filotaxia variable y asociada a los estados de desarrollo), influyen en la captación de luz incidente y en la actividad fotosintética de la planta completa (Cayón, 1995).

Tabla 1. Captación de la luz y concentración de clorofila en hojas Dominico– Hartón en tres densidades de siembra.

Densidad (plantas ha ⁻¹)	Emisión foliar*	Hojas funcionales	Colinos planta ¹	RFA captada (%)	Clorofila total (mg g ⁻¹ de peso seco)
1666	17	15	5	58.0	7.16
	36	17	8	85.8	8.45
3333	17	14	2	75.5	9.38
	33	17	5	93.8	10.33
4998	15	14	1	74.3	9.12
	29	17	3	95.0	11.49

* Hojas emitidas a partir de siembra.

Fuente: Cayón, 1995.

1.2.2.3 Ángulo solar y la atenuación

Estudios realizados por Arcila *et al.* (1995), mostraron que las siembras en sentido Norte-Sur y Oriente - Occidente en la zona cafetera, no afectaron los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción, en ninguno de los dos ciclos evaluados.

1.2.2.4 Inclinación de las hojas dentro del dosel

El plátano y el banano presentan arquitectura cilíndrica; la disposición de sus hojas (filotaxia) varía con la edad, oscilando desde 1/3 en plantas jóvenes, pasando por 2/5 y 3/7, hasta llegar 4/9 en plantas adultas (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991a). Estas cifras coinciden con diferencias angulares entre hojas sucesivas de 120 a 160 grados sexagesimales. La espiral se describe de izquierda a derecha, o sea, que sube de derecha a izquierda, desde la óptica de un observador situado frente a la planta, característica importante para determinar el número de hojas de la planta, en evaluaciones agronómicas.

1.2.2.5 Separación vertical de las hojas

Las hojas tanto de banano como de plátano, inicialmente tienen una posición vertical y a medida que se desarrollan por efecto de su peso, toman una posición horizontal y por debajo de esta línea, hasta cuando mueren (Sierra, 1993).

1.2.2.6 Estrategias para maximizar la radiación

En la planta de plátano existe una correlación directa entre el área foliar presente y el rendimiento. Trabajos realizados por (Cayón, 1995), con podas selectivas y (Merchán, 1995), con deshojes en postbelloteo, encontraron que el peso final del racimo depende del número de hojas presentes al momento de la cosecha; se requiere de un mínimo de seis hojas y las más comprometidas con el llenado son la dos hasta la seis; la hoja uno, muy poco participa en este proceso. Se determinó que la duración promedio de la hoja es aproximadamente de 115 días y se pudo observar que en la primera semana de su apertura, la hoja es poco activa por la falta de pigmentos fotosintéticos (Cayón, 1995). Por consiguiente las prácticas agronómicas encaminadas a conservar el área foliar activa, contribuyen al llenado del racimo.

Es evidente que el área foliar (AF), el índice de área foliar (IAF) y la duración del área foliar (DAF) disminuyen por el ataque de Sigatoka Negra, de tal manera que si se controlan los factores patogénicos, se puede garantizar un buen llenado del racimo aún con seis hojas funcionales.

1.2.2.7 Fecha de siembra

La fecha de siembra debe programarse de tal manera que el momento de floración coincida con la mayor oferta de radiación solar y agua. Por lo tanto deben hacerse estudios meteorológicos que permitan hacer determinaciones, principalmente, de irradiancia, brillo solar y precipitación para cada zona productora de plátano. En el Caribe Colombiano las siembras se realizan entre mayo y julio, aprovechando el ciclo unimodal de lluvias de la región, que se extiende hasta noviembre. Factores como las fases de la luna no inciden en el crecimiento y desarrollo del cultivo (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991a).

1.2.2.8 Densidad de población

La densidad de población óptima se ha fijado en 1666 plantas ha^{-1} permitiendo explotar 3 o 4 ciclos de producción, desde el momento de la siembra. A medida que se incrementa la población, disminuye el peso de los racimos y el período de vida del cultivo. Es importante considerar aspectos como la uniformidad de los colinos para evitar competencia intraespecífica en las primeras etapas de desarrollo. Asimismo, el tamaño y profundidad del hueco deben ser proporcionales al tamaño de semilla para evitar retrasos en la emergencia y gastos de energía innecesarios.

El incremento de población y deshijes realizados inadecuadamente, conducen a incrementos considerables en la longitud del tallo, que pueden superar los 70 cm, y embalconamiento rápido del corno o tallo subterráneo que incide en la caída o volcamiento de las plantas.

La producción de manos por racimos y dedos por manos están codificados genéticamente y son propios de cada cultivar, pero pueden ser influenciados por el medio ambiente. Belalcázar, Cayón y Lozada, (1991a), realizaron estudios con poblaciones altas, con resultados que muestran reducciones considerables en el rendimiento y efectos notables sobre algunos parámetros de crecimiento de la planta (Tabla 2). A pesar de que el número de dedos por racimos se mantuvo constante, el peso y tamaño del racimo disminuyó considerablemente.

Tabla 2. Efecto de las altas densidades de siembra sobre los parámetros de crecimiento y rendimientos.

Distancia siembra (m) planta x sitio	Número de plantas por hectáreas	Altura (m)	Perímetro pseudotallo (cm)	Duración ciclo vegetativo meses	Peso	Rendimiento calculado (t)	Plantas cosechadas (%)
					\bar{X} racimo (kg)		
3 x 2 (una)	1666	3.5	4.9	15.5	15.0	23.2	93
3 x 2 (dos)	3332	4.2	5.0	18.0	14.3	40.5	85
3 x 2 (tres)	4998	4.3	5.1	20.0	13.3	51.8	78

Fuente: Belalcázar, Cayón y Lozada., (1991a).

1.3 Disponibilidad de CO₂.

Las tasas fotosintéticas no sólo se incrementan con los aumentos de los niveles de irradiación, sino también por mayores concentraciones de CO₂, especialmente cuando los estomas están parcialmente cerrados por la sequía. La fotosíntesis neta de las plantas C-3 casi siempre llega a cero con concentraciones de CO₂ fluctuantes entre 35 y 45 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. La concentración de CO₂ a la que la fijación fotosintética se equilibra justo con la pérdida por respiración se denomina punto de compensación de CO₂ (Salisbury y Ross, 1994).

Tabla 3. Tasa de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en plantas de plátano Dominicó–Hartón, sometidas a estrés hídricos. C.I. Palmira.

Evento fisiológico	Estado fisiológico		Humedad Relativa		
	Sin estrés	Con estrés	Baja (<53%)	Media	Alta (>62%)
				(54 –61%)	
Fotosíntesis \square $\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	30.61	15.81	19.86	34.98	14.80
Conductancia \square $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	0.16	0.11	0.18	0.15	0.08
Transpiración \square $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	3.59	3.00	4.59	3.48	1.80

Fuente: Cayón, (1995).

El plátano presenta tasas de fotosíntesis máximas entre 10 y 26 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. La reducción de la tasa fotosintética de los cultivos perennes en condiciones de alta irradiación se debe al aumento de la temperatura foliar, que a su vez causa pérdida

de CO₂ por respiración total, especialmente en la fotorespiración. Esto se debe gran parte a que el aumento de temperatura incrementa la proporción de O₂ disuelto respecto a CO₂ en el mesófilo y, como resultado de la competencia entre estos dos gases atmosféricos, la fijación neta de CO₂ en las plantas C-3 no se ve estimulada por el aumento de la temperatura tanto como se podría esperar (Rena y Maestri, 1987; Salisbury y Ross, 1994).

Estudios realizados por Cayón, (1995), bajo condiciones controladas, mostraron que las tasas de intercambio gaseoso de las hojas de plátano Dominico–Hartón, presentan alta sensibilidad al déficit hídrico del suelo y a la humedad relativa del ambiente (Tabla 3). En plantas sometidas a estrés hídrico, las tasas de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática decrecieron como respuesta al déficit de agua. La tendencia de las plantas de plátano a reducir la transpiración bajo condiciones de estrés hídrico, puede ser el inicio de un mecanismo de resistencia a la sequía, asociado a otros que la planta posee, para economizar agua, ya que esta especie presenta gran superficie transpirante.

Cuando las hojas están expuestas a brisas suaves, los estomas se pueden cerrar parcialmente porque más CO₂ está siendo llevado cerca de éstos, incrementando su difusión hacia el interior de la hoja y saturando la concentración de CO₂ en el mesófilo (Salisbury y Ross, 1994). Los vientos fuertes pueden provocar una transpiración anormal en plantas bien hidratadas al retirar bruscamente el CO₂ de la capa de aire adyacente a la lámina foliar y bajar la humedad relativa del aire, lo cual induce al déficit hídrico en las plantas.

El ambiente como se manifestó anteriormente, juega un papel importante en el desarrollo y producción del cultivo de plátano (Champion, 1975), por lo cual el estrés por sequía o exceso de humedad inciden directamente sobre el crecimiento y desarrollo de la planta manifestándose, principalmente, en disminuciones de altura y emisión de hojas que puede retrasarse hasta 30 días. Son normales emisiones de 5 a 7 d·hoja⁻¹ en la zona Urabá (Barrera y Vieira, 1993; Combatt, Martínez y Barrera, 2004) y 9.3 d·hoja⁻¹ en la zona Cafetera (Belalcázar *et al.*, 1995).

1.4 Temperatura

Está correlacionada con la altitud, radiación solar y los vientos. Es un factor determinante en el crecimiento y desarrollo del plátano, influenciando directamente el ciclo vegetativo de la planta y su actividad fotosintética y respiratoria. El efecto de la temperatura se refleja bastante en el período vegetativo ocasionando retrasos en zonas con temperaturas bajas, por la disminución en la velocidad de los procesos metabólicos; sin embargo, finalmente, se alcanza un tamaño normal de racimos. En general, la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas aumenta con la temperatura entre 0 °C y los 35 °C o 40 °C. Los valores de Q₁₀ suelen estar comprendidos entre 2 y 3 en el intervalo de 0 °C a 30 °C, en parte porque el calor eleva el número de moléculas que poseen una energía igual o mayor que la energía de activación propia de ellas. Entiéndase que un aumento de 10 °C de temperatura aumenta mucho el número de moléculas que poseen energía relativamente elevada. Un incremento en la temperatura duplicará la velocidad de reacción, alcanzándose un Q₁₀ de 2 (Salisbury y Ross, 1994).

Las temperaturas entre 18 °C y 38 °C, son considerados aptas para la siembra de los cinco clones comerciales de plátano en Colombia, siempre y cuando la

temperatura mínima no sea inferior a 15 °C y las mínimas absolutas no estén por debajo de 8 °C (Cayón, 1998). Un aumento normal de temperatura influye poco en la fotólisis del agua o en la difusión del dióxido de carbono en la hoja, aunque influye de una manera más notable en las reacciones bioquímicas de fijación y reducción del CO₂. De esta manera, los aumentos de temperatura suelen incrementar las tasas fotosintéticas hasta que comienza la desnaturalización enzimática y la destrucción de los fotosistemas. También existen evidencias de que en las plantas C-3, a temperaturas elevadas no se producen ATP ni NADPH con la suficiente velocidad como para permitir aumentos en la fijación de CO₂, por lo que la formación de la ribulosa bifosfato se vuelve limitante (Salisbury y Ross, 1994).

El plátano no debe sembrarse en zonas expuestas a temperaturas menores de 4°C, porque afectan irreversiblemente los procesos metabólicos al modificarse la actividad enzimática celular. A temperatura baja, la actividad metabólica es muy lenta, retardándose la emisión foliar y la división celular del meristemo en crecimiento, lo cual reduce el desarrollo y rendimiento anual, a pesar de que no baja la calidad y el tamaño de los frutos (Cayón, 1998).

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 hijos y el desarrollo de los racimos. Barrera y Vieira (1993), encontraron que el período de siembra a floración y de floración a cosecha, en el municipio de Tierralta (Córdoba), es cinco meses menor que el reportado por Belalcázar, Cayón y Lozada (1991a), para la zona cafetera, corroborando el efecto de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas; los ambientes comparados tienen temperaturas medias contrastantes. Por otra parte, se ha reportado que la planta de banano requiere de la acumulación de unidades térmicas de 900 grados-día, desde la emergencia de la flor hasta la cosecha (Soto, 1992).

Las temperaturas bajas causan producción de hojas lanceoladas, racimos y frutos anormales (Simmonds, 1973). Las hojas expandidas de plantas sometidas a condiciones de baja temperatura, pueden desarrollar síntomas similares a las deficiencias de agua y luz, pierden turgencia, se tornan cloróticas y mueren posteriormente (Shmueli, 1953; Soto, 2001). El látex del plátano se coagula en el epicarpio de los frutos a temperaturas inferiores de 12 °C, impartiendo una coloración marrón a la subepidermis, fenómeno que retarda la evolución normal del fruto, perjudicando la maduración y, por lo tanto, la calidad del producto cosechado (Slocum, 1993).

Las bajas temperaturas reducen el crecimiento de las vainas, los pecíolos quedan juntos unos con respecto a otros, y en el peor de los casos los entrenudos quedan en el interior del pseudotallo y obstruyen la salida de la inflorescencia que para emerger tendrá que vencer dicho obstáculo con la consecuente deformación o torcedura del eje del racimo sobre sí mismo. También puede ocurrir ruptura del pseudotallo y absorción de la inflorescencia a través del mismo. Este fenómeno causado por bajas temperaturas o por exceso o deficiencias hídricas, se conoce como obstrucción foliar.

Otros efectos, no de una apariencia tan inmediata, pero tan serios como los anteriores son: ablandamiento desigual de la pulpa al madurar y predisposición hacia el desarrollo de pudriciones y otras manchas en el almacenamiento (Soto, 2001). El mismo autor manifiesta que las bajas temperaturas afectan el estado de desarrollo de la planta de banano, así:

- a. Si la planta se encuentra en la etapa de diferenciación foliar, las hojas

formadas continúan su normal desarrollo, pero la inflorescencia tendrá anomalías como pistilos de menos de cinco estambres y ovarios con menos de tres carpelos; los entrenudos en el raquis floral serán muy cortos, por lo que las manos saldrán muy juntas.

- b. Si el meristemo no se ha diferenciado, el número de hojas producidas antes de florecer puede pasar de 25 a 50.
- c. Cuando la baja temperatura sucede después de la floración, se produce un aumento en el tiempo necesario para que el fruto alcance el grado comercial de cosecha, de manera que los frutos serán menos presentables al aumentar los riesgos de deterioro de la epidermis por daños físicos o de pestes.

En clones como "Robusta", la producción de hojas se detiene a los 16 grados celsius, y en climas subtropicales disminuye. En el Clon Gran Enano, a 11 grados centígrados se reduce al mínimo la eficiencia fisiológica. A los nueve grados centígrados, el látex del pericarpio se coagula y toma una pigmentación café claro en las venas subepidermales, en esta condición los frutos no son aptos para la maduración y solamente son consumidos en estado verde (Soto, 2001).

Las temperaturas bajas, provocan en algunos clones tanto en plátano como banano, amarillamiento de las hojas, parecido al causado por estrés hídrico, cuando la temperatura oscila entre los 5 y 6 grados centígrados; y cuando está alrededor de cero grados, por largos períodos, el crecimiento se paraliza y se pierde el sistema foliar, pero el cormo permanece latente con yemas aptas para desarrollarse cuando se presenten condiciones ambientales óptimas (Champián, 1975).

1.5. Agua

El agua tiene una importancia fundamental en los procesos fisiológicos de las plantas, por participar en numerosas reacciones químicas que ocurren en la célula. El crecimiento de los tejidos vegetales solo es posible por la capacidad y eficiencia que tienen las paredes celulares de absorber agua. En general los procesos metabólicos en las plantas verdes dependen de la disponibilidad de agua y su escasez puede restringir o suspender el crecimiento.

El plátano es muy sensible al exceso o déficit de agua en el suelo por lo cual es necesario tomar medidas para regular los déficit en el año. Los requerimientos para crecer dependen del clon, de la irradiación diaria, de la densidad poblacional, de la edad del cultivo y del área foliar.

Sobre la base de estudios realizados en Brasil (Morello, 1954), en banano, se determinó el consumo de agua diario, en el plátano Dominic Hartón, considerando un área foliar promedio de 14 m² es de 30 litros de agua en días soleados, 17 en días nublados y 10 en días completamente nublados (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a). Otros estudios reportados por Soto (2001), señalan que el consumo diario de agua por planta es de alrededor de 30 a 35 litros en un día soleado; 24 litros en un día semicubierto y 12,5 en un día completamente nublado, estimándose un consumo de 167 mm por mes y 2000 mm por año, con las poblaciones utilizadas en la zonas productoras de 1800 plantas por hectárea.

La planta requiere entonces de zonas agroecológicas con precipitaciones alrededor de los 1500 mm anuales para el caso de plátano y 1500 a 2500 mm para banano, bien distribuidas. Las zonas productoras de Córdoba y parte del Urabá se destacan porque las precipitaciones promedio registradas están cerca de las

necesidades del cultivo. Sin embargo, en las zonas al norte del departamento de Córdoba los registros pluviométricos son inferiores a los requeridos por el cultivo, necesiéndose suministros adicionales, no obstante estos aportes adicionales no son posibles y convierten las explotaciones existentes en cultivos estacionales y sólo con buenas producciones en épocas lluviosas.

En la Tabla 4, se presentan los resultados de experimentos realizados en Palmira, Valle (Cayón, 1991), los cuales muestran diferencias en las tasas de fotosíntesis y transpiración entre las hojas funcionales de una planta de Dominico – Hartón. Se observa que la actividad fotosintética y la tasa de transpiración son mayores en las hojas 2, 3 y 4; la menor actividad en la hoja uno, se debe posiblemente, a que no ha completado su actividad funcional; y las bajas tasas de fotosíntesis que presentan las hojas 5 y 6, se deben a la condición de sombreadamiento que le proporcionan las superiores. En las hojas inferiores se reduce el uso de agua porque se bajan las tasas de fotosíntesis, mientras que la transpiración continúa a tasas normales, indicando que estas hojas han comenzado el proceso de senescencia.

Tabla 4. Tasas de transpiración y fotosíntesis en hojas funcionales del clon Dominico–Hartón durante el estado de floración.

Hoja	Transpiración* (mg H ₂ O dm ⁻² min ⁻¹)	Fotosíntesis* (mg CO ₂ dm ⁻² min ⁻¹)	Eficiencia en el uso del agua**
1	32.76	13.43	0.006
2	51.48	21.70	0.007
3	49.68	23.61	0.008
4	46.80	23.61	0.008
5	33.84	13.56	0.007
6	37.26	18.25	0.008
7	43.33	17.53	0.007
8	51.48	19.24	0.006
9	44.64	16.32	0.006

* Con exposición solar plena (> 1500 μ moles s⁻¹ m⁻²)

** mg CO₂/mg H₂O

Fuente: Cayón, (1991).

El plátano es poco tolerante al déficit de humedad. 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. Otra respuesta ya comentada es el plegamiento de los semilimbos a lo largo de la nervadura central (Champión, 1975).

Los estudios sobre el mecanismo estomático durante un episodio de sequía han demostrado que el cierre de los estomas se inicia mucho antes de que se agota el agua disponible para las plantas. El plátano absorbe fácilmente el 30% del agua disponible con mayor energía libre; después del agotamiento de esta fracción, la

absorción es más lenta, hasta el punto que al consumir 60%, la planta se encuentra en estado de predeseccación. El cierre de estomas disminuye la tasa de transpiración pero no la detiene, por lo cual el déficit hídrico es cada vez mayor hasta que el limbo se deseca irreversiblemente (Shmueli, 1953).

Los síntomas más notorios en el Caribe Colombiano se expresan con el acortamiento de los entrenudos, dando la apariencia de roseta; en el pseudotallo se notan pequeñas estrías longitudinales, indicando una predeseccación, retrasos en la emisión foliar, reducción en la altura de la planta y por último doblamiento del pseudotallo cuando se llega al déficit máximo.

Los requerimientos hídricos dependen del clon, de la radiación solar diaria, de la densidad poblacional, de la edad del cultivo y de la superficie foliar transpirante. Por la morfología e hidratación de sus tejidos, la planta de plátano requiere suficiente cantidad de agua disponible en el suelo para el crecimiento y desarrollo normal (Belalcázar, Cayón y Lozada 1991a).

El agua es necesaria para la activación de los procesos fisiológicos como la turgencia celular, para que se induzcan fenómenos como las divisiones mericlinales y periclinales las cuales permiten el crecimiento de la planta, también es necesaria en otros procesos como la fotosíntesis y flujo celular entre otros procesos. La falta de agua incide significativamente en el desarrollo de la planta afectando procesos como la emisión de hojas y producción, lo cual se refleja en el acortamiento de los entrenudos de la planta presentando características de plantas de roseta y frutos de pobre calidad. Observaciones de campo muestran que cuando la falta de agua ocurre en los primeros 45 días, después de la emisión de la bellota, se afecta el llenado de los frutos, siendo crítica esta etapa, también afectada por otros factores.

Champion (1975) reporta que la deficiencia de agua provoca secamiento de los bordes de las hojas, posteriormente las vainas y finalmente la ruptura del pseudotallo. El cormo resiste más la sequía y rebrota con las primeras lluvias. Las deficiencias hídricas inducen al cierre temprano de estomas y caída en la tasa de fotosíntesis, afectando directamente el crecimiento y desarrollo de la planta.

Las regiones que presentan registros de precipitación altas como el Urabá Antioqueño, requieren de la construcción de sistemas de drenajes adecuados que eviten los niveles freáticos fluctuantes que generan condiciones de hipoxia que causan muerte radical, afectando funciones de las raíces como respiración, y absorción de agua y de nutrientes.

Las deficiencias hídricas inciden en la reducción del área foliar por necrosamiento de las hojas, comprometiendo la producción futura, por lo tanto es necesario que los suelos siempre estén provistos de agua para evitar todas las consecuencias mencionadas anteriormente, en atención que el sistema radical del plátano no es muy eficiente en absorción de agua, puesto que se deteriora a medida que envejece la planta; estudios revelan que después del belloteo se produce una reducción considerable del sistema radical y la absorción depende básicamente del sistema radical de los hijuelos.

El área foliar tanto del plátano como del banano y su distribución estomática, es muy alta con relación a otros cultivos. Estudios realizados por E. Shmueli en Israel y J. Morillo en Brasil, citados por Soto (2001) determinaron que el consumo de agua a pleno sol es del orden de 50 a 60 mg/dm²/minuto, cuando las hojas están totalmente expuestas y los estomas ampliamente abiertos. La transpiración es más alta en hojas activas que en hojas próximas o en senescencia y en las que presenta cierto grado de autosombriamiento.

Aunque las plantas presentan mecanismos de protección como el plegamiento de los semilimbos, al revisar los estudios de la anatomía de las hojas, éstas presentan dos bandas paralelas a la nervadura central de la cual están fijadas las nervaduras secundarias o perpendiculares. Estas bandas o pulvinos son sensibles a las altas temperaturas o radiaciones, reciben información del sistema radical, de tipo hormonal (Ácido abscísico), se induce la disminución de la concentración de solutos, y se genera plasmolisis y caída de los semilimbos.

1.6. Material genético

La sostenibilidad de la producción agrícola depende, en gran medida, de la conservación y el correcto aprovechamiento de la variabilidad genética de una especie, del manejo de los suelos y del empleo de sistemas agrícolas que maximicen la adaptación ecológica de la especie cultivada (Araméndiz, Espitia y Cardona, 2009).

En este sentido, el crecimiento y desarrollo del cultivo de plátano está influenciado por las condiciones ambientales. Estudios reportados por Belalcázar, Cayón y Lozada (1991a), en el clon Dominicó – Hartón, mostraron que presenta mejor comportamiento entre los 800 y 2000 m.s.n.m., en cambio el clon Hartón su máximo potencial lo expresa en altitudes inferiores, entre 0 y 800 m.s.n.m, al igual que los clones pelipita y papocho, incrementando notablemente el ciclo vegetativo cuando son sembrados a alturas superiores 1300 m.s.n.m. Como se mencionó anteriormente, las velocidades de las relaciones metabólicas (Q10), disminuyen cuando la temperatura baja (Tabla 5). Solamente se logran incrementos en el peso, pero no en el número de dedos por racimos y manos por racimos, respuestas completamente diferentes a las obtenidas en banano (Espinosa, 1998).

Tabla 5. Producción acumulada y relación kg por mes de clones de plátano (*Musa AAB y ABB*).

Clon	Genoma	Producción acumulada (kg)			Relación producción/tiempo (kg mes ⁻¹)		
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
Hondureño Enano (A)	AAB	14.2	30.1	48.0	0.965	1.368	1.543
Hondureño Enano (B)	AAB	13.7	28.8	45.7	0.867	1.171	1.364
Dominico Hartón	AAB	18.0	39.3	60.6	1.277	1.778	1.987
Dominico	AAB	22.1	48.9	71.6	1.417	1.964	2.028
Hartón	AAB	12.2	26.5	40.0	0.824	1.210	1.266
Pelípita	ABB	26.6	54.0	90.1	1.350	2.186	2.690

(A) Semilla proveniente C. I. Caribia 20 m.s.n.m.

(B) Semilla proveniente C. I. El Agrado 1320 m.s.n.m.

Fuente: Belalcázar, Cayón y Lozada (1991a).

La relación obtenida kg/ mes, es un indicador relativo de eficiencia biológica de los materiales. Al respecto en el primer ciclo productivo, se observó que el clon Dominico es más eficiente, seguido del Pelipita y el Dominico Hartón. Los menos eficientes fueron el Hartón y los Hondureños A y B. Los materiales aumentaron las eficiencias biológicas a medida que transcurrieron los ciclos productivos (Aristizábal, Arenas y López, 1997). Posiblemente este fenómeno esté asociado con la adaptación del material a las condiciones ambientales. El clon Pelipita registra el mayor potencial productivo y adaptación entre los materiales evaluados, le siguen en su orden el Dominico y el Dominico–Hartón. El clon Hartón es el de menor eficiencia bajo las condiciones ecológicas de la zona central cafetera de Colombia.

1.7. Respiración

1.7.1 Disponibilidad de sustratos.

El almidón, los fructanos, la sacarosa u otros azúcares, grasas, ácidos orgánicos y bajo ciertas condiciones, incluso las proteínas, pueden servir como sustratos respiratorios. Además del calor de respiración, la energía contenida en el ATP, se utiliza en diferentes procesos esenciales, tales como el crecimiento y la acumulación de iones. A medida que se efectúa la degradación, se obtienen intermediarios útiles para un gran número de otros productos vegetales esenciales. Entre estos productos se incluyen aminoácidos para proteínas, nucleótidos para ácidos nucleicos y precursores carbonados para pigmentos porfirínicos (clorofilas y citocromos), así como para grasas, esteroides, carotenoides, pigmentos flavonoides (como antocianinas) y otros compuestos aromáticos (como lignina); esto hace que la conversión de los sustratos respiratorios en CO₂ y H₂O no sea completa ya que el resto se emplea en procesos anabólicos, especialmente en células en crecimiento (Salisbury y Ross, 1994).

1.7.2 Momentos de la respiración

Las tasas respiratorias de las hojas generalmente son mayores justo después de la puesta del sol, cuando los niveles de azúcar son más altos. Las hojas sombreadas de la parte inferior de la planta respiran con mayor lentitud que las hojas de la parte superior, que se encuentran expuestas a mayores niveles de irradiancia. En general, las plantas que se ven privadas de recursos y que tienen reservas bajas de almidón, fructanos o azúcares, respiran a baja velocidad (Salisbury y Ross, 1994).

1.7.3 Respiración del dosel

En el plátano la respiración del dosel está muy relacionada con las edades de las hojas y el estado fisiológico en que se encuentren, como por ejemplo bajo una condición de estrés (Tabla 3). Las hojas inferiores al acercarse a la senescencia respiran menos que las hojas activas superiores. El estado fisiológico de las plantas en condiciones de estrés dispara el metabolismo secundario por una mayor expresión de la respiración de crecimiento, con alto consumo de reservas. Los síntomas son fácilmente detectables en condiciones de estrés por sequía o inundación; la planta exhibe porte bajo y acortamiento de los entrenudos, generalmente las hojas permanecen plegadas por causa del adelgazamiento del pseudotallo; si están

próximas a floración, la inflorescencia rompe el pseudotallo y no aparece por el ápice de la planta "V".

1.7.4 Disponibilidad de oxígeno

El aporte de oxígeno influye en la respiración. La velocidad con que penetra en hojas, tallos y raíces casi siempre es suficiente como para mantener niveles normales de oxígeno en las mitocondrias, especialmente debido a que la enzima citocromo oxidasa tiene un afinidad alta por el oxígeno, trabaja aun cuando la concentración del mismo, en su entorno, sea sólo del 0.05% de la existente en el aire. En órganos de almacenamiento voluminosos, la velocidad del movimiento del oxígeno es mucho menor que en el aire y, se ha demostrado que las regiones centrales de estos órganos presentan respiración anaerobia.

Son importantes los espacios intercelulares para la difusión de los gases, se extienden desde los estomas de las hojas hasta la mayor parte de las células de la planta, ayudando a su respiración aerobia. Los períodos de inundación prolongados resultan tóxicos para casi todas las plantas, especialmente cuando no hay oxígeno detectable alrededor de las raíces (anoxia). La tolerancia a la anoxia suele ser máxima con temperaturas bajas y respiración lenta (invierno en climas de estaciones) y cuando los carbohidratos adecuados se acumulan en las raíces o en rizomas carnosos (Salisbury y Ross, 1994).

La planta de plátano tolera períodos de hipoxia (niveles de oxígeno reducidos) de máximo 72 horas; ante el exceso de agua en el suelo, manifiesta los mismos síntomas de estrés descritos; si las condiciones persisten y se complican aún con anoxia, la planta finalmente muere a los pocos días.

1.7.5 Edad de la planta

La edad de la planta influye mucho sobre su respiración. La velocidad se expresa como cantidad de CO₂ liberado por cantidad de peso seco. La respiración se eleva con la germinación de las semillas o brotación de órganos y permanece elevada durante el período de crecimiento vegetativo rápido, pero disminuye antes de la floración. Gran parte de la respiración en plantas maduras se produce en las hojas y raíces jóvenes y en las flores en desarrollo. En términos generales, la planta disminuye actividad fotosintética y respiratoria en la medida que se acerca su senescencia, en plátano la tasa respiratoria disminuye de la parte distal hacia la proximal.

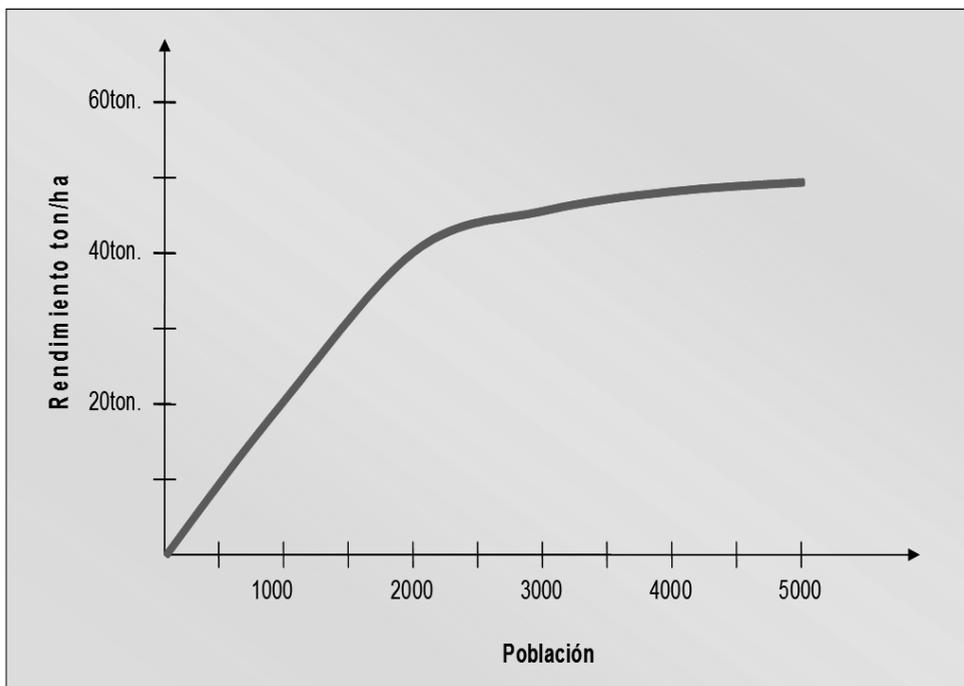
1.8. Distribución espacial del cultivo

1.8.1 Relación entre rendimiento y población

El cultivo de plátano tiende a presentar un rendimiento lineal hasta 2000 plantas ha⁻¹, en el primer ciclo de producción (Figura 1); aumentos en las poblaciones conducen a incrementos menores en la producción y calidad del fruto. Hasta 1666 plantas ha⁻¹ se obtienen racimos de buen tamaño y peso e incrementos en el segundo y tercer ciclo de producción. Al aumentar las poblaciones, se incrementa el porcentaje de plantas perdidas por sitio, y sólo se cosecha en el primer ciclo, el 90%; en el segundo, el 63% y en el tercero, el 60%, con notable disminución de la vida útil del

cultivo, que prácticamente queda reducida a un ciclo (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

Figura 1. Relación entre rendimiento y población en el cultivo de plátano.



Fuente: Belalcázar, Cayón y Lozada (1991a).

1.8.2 Respuesta de las plantas a la competencia

El rendimiento máximo de un genotipo, en un ambiente particular, se podrá obtener con una densidad de población en que sea mínimo el efecto negativo de las competencias intraplanta e interplanta (Cardona, Araméndiz y Espitia, 2008).

A medida que se incrementa la densidad de siembra, se alarga el ciclo vegetativo del cultivo y como efecto más severo se presentan retrasos en el período de la floración y cosecha. El aumento de las densidades de siembra afecta negativamente el peso del racimo y los componentes de rendimiento.

La concentración de clorofila fue mayor en las hojas de las plantas sembradas más densamente, lo cual unido al comportamiento de la fotosíntesis y la transpiración, indica que en el plátano los procesos fisiológicos presentan cierta plasticidad para adaptarse a las condiciones de alta competencia (Cayón, Lozada y Belalcázar, 1994). Las tasas de fotosíntesis y transpiración fueron menores en las densidades altas debido a que las plantas por estar más sombreadas, realizan los dos procesos a menores intensidades de radiación.

La época crítica de competencia del cultivo con las malezas, se sitúa a partir del estado de desarrollo correspondiente a la emisión de la hoja 16 ± 1 , coincidiendo con

la diferenciación floral (Cayón, 1996).

1.8.3 Arreglo y distribución

El arreglo que permite mejor distribución de los doseles es en triángulo o tresbolillo.

1.9 Patrón de crecimiento

El estudio de la fisiología del plátano como cultivo comprende el estudio de su patrón de crecimiento, los determinantes fisiológicos y los componentes del rendimiento. El patrón de crecimiento del plátano, se relaciona estrechamente con la morfología, analizada desde el punto de su función y su desarrollo, tomando como esquema la metodología utilizada por (Clavijo, 1994) para el sorgo HW 1758.

1.9.1 Morfofisiología

En líneas generales, una planta de plátano está formada por el sistema radical, el tallo y sus yemas, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo. Las siguientes descripciones morfológicas corresponden al clon Dominico–Hartón bajo las condiciones del C.I. El Agrado, Quindío (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991b).

1.9.1.1 Sistema radical

Son raíces netamente adventicias, fasciculadas y fibrosas, no se ajustan a ningún patrón especial de distribución, el color depende de la edad y etapa de desarrollo, sus dimensiones están influenciadas por la textura y estructura del suelo, suelos franco–arenosos, mayor tamaño de raíces y suelos franco–arcilloso, menor tamaño.

La mayoría de las raíces se desarrollan en los primeros 20 a 40 cm de la superficie del suelo, alcanzando profundidades máximas de 1.5 m y 3.0 m horizontalmente, el proceso de emisión de raíces ocurre hasta el momento de la floración, a partir de esta etapa, se detiene el proceso, factor importante para las aplicaciones de fertilizantes al cultivo.

1.9.1.2 El tallo y sus yemas

La planta de plátano corresponde a un cormo subterráneo erecto con ramificaciones monopódicas. En su ápice se encuentra anidado el punto vegetativo o meristemo apical, que contiene toda la información genética de la planta, su forma está influenciada por la textura y estructura del suelo, su tamaño no excede los 30 cm, tanto horizontal como vertical; el cormo puede producir alrededor de 10 hijuelos, teóricamente podría producir 38 ± 2 , ya que cada hoja tiene una yema opuesta no axilar.

El total de hijuelos que se originan del cormo queda entonces limitado a un número inferior al teórico potencial, debido a que una vez ocurre la diferenciación floral, al emitir 18 ± 1 hojas, se convierte en un tallo aéreo que termina en una bellota.

1.9.1.3 Las yemas

Las yemas dan origen a los colinos, su posición guarda un patrón filotáxico que varía con la edad, como ya se indicó, desde $1/3$ en plantas jóvenes, pasa por $2/5$ y $3/7$ hasta $4/9$ en las plantas adultas. Al principio, el crecimiento y desarrollo de las yemas es perpendicular al tallo, luego se torna paralelo a éste; su emergencia está condicionada por la densidad poblacional y la edad del tallo principal; cuando se trata de poblaciones establecidas y en plantaciones nuevas, por el tamaño de semilla, a mayor tamaño la emergencia es más precoz.

La textura y estructura del suelo afectan dicho proceso cuando se tratan de suelos pesados, pero no así con los livianos. La profundidad de siembra condiciona más el proceso, a profundidades de 30 – 40 cm, la emergencia ocurre alrededor de los 3–5 meses. El estado de desarrollo está aparentemente controlado por unos o varios reguladores de crecimiento que posee la planta madre. El “efecto de dominancia apical” cesa al momento del corte de la planta madre.

1.9.1.4 Sistema foliar

- **Apéndice:** Órgano foliar temporal, su forma es más o menos cilíndrica, es un filamento de 6.5 a 8.5 cm., su función es dirigir la hoja a hasta el ápice del pseudotallo.
- **El limbo:** La lámina foliar está compuesta por dos similibos, nervadura central, nervaduras laterales y finalmente las bandas denominadas como pulvinares, la lámina foliar posee una forma ovalada, con su extremo apical romo o cónico y el basal auriculado, hasta el momento de la diferenciación floral, pero de allí en adelante es asimétrico hasta el punto de que uno de ellos es más redondeado que el otro. Las dimensiones de las hojas en longitud y ancho pueden variar desde un mínimo de 21,3 x 1,6 cm para la hoja número uno a un máximo de 258,8 x 87,8 cm para la hoja número 32; la hoja adquiere su tamaño y forma antes de emerger del pseudotallo, pero cuando se presenta lo hace de manera enrollada, asumiendo la forma de “cigarro”, con el semilimbo derecho enrollado sobre sí mismo y el izquierdo enrollada, sobre el semilimbo derecho; la duración de la emergencia puede durar nueve días para las condiciones ambientales de la zona Central Cafetera (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991b) y siete días para el Caribe húmedo (Barrera y Vieira, 1993); este proceso puede retrasarse hasta 15 ó 30 días, por períodos largos de sequía o exceso de humedad.

La nervadura central, cuya función, además de transportar los fotoasimilados, es dar soporte a los semilibos, tiene forma acanalada por el haz y redondeada por el envés. Sobre ésta confluyen las nervaduras secundarias, cuyo ángulo de inserción varía de acuerdo a la ubicación en la hoja ($\pm 100^\circ$) en la base y ($\pm 60^\circ$) en el ápice. El número de hojas emitidas por la planta es de 38 ± 2 que puede variar de acuerdo al tamaño del colino, cuando éstos son pequeños emiten un mayor número de hojas.

Las bandas pulvinares, localizadas en el punto de unión de los limbos con la nervadura central, son estructuras sólidas estrechas, poseen gran importancia por cuanto son responsables de los movimientos de los semilibos frente a las condiciones favorables o desfavorables.

- **Pseudopecíolo:** Formado por una contracción gradual de la porción superior

de la vaina, su función es soportar y permitir la divergencia de las láminas foliares.

- **Vaina.** Esta estructura foliar tiene su origen en la túnica meristemática apical del tallo subterráneo. Las vainas rodean los nudos tanto en su porción subterránea como en la aérea; dentro de las vainas hay espacios aeríferos, formados por canales longitudinales separados por tabiques parenquimatosos y aerenquimatosos, en los cuales se encuentran incluidos los haces vasculares; estas calcetas tienen una fuerte imbricación, que da origen al tallo, a la estructura erecta de forma cilíndrica, denominada pseudotallo, cuya función es soportar el sistema foliar, el tallo aéreo y la inflorescencia o racimo, se desplazan con relación al eje del pseudotallo, en sentido apuesto a las manecillas del reloj; así dan origen a una distribución helicoidal del sistema foliar. Esta estructura protege también a la planta de los efectos adversos de la deshidratación a causa del estrés hídrico, lo cual se manifiesta cuando quedan adheridas al tallo (Belalcázar *et al.*, 1991b).
- **Inflorescencia.** Esta estructura, que después de determinados procesos fisiológicos conduce a la formación del racimo, se origina a partir del ápice vegetativo, localizado en el centro de la superficie superior del tallo subterráneo; el ápice tiene zonas meristemáticas, una de ellas es la túnica, constituida por una capa delgada de células superficiales mantenidas por divisiones periclinales y la segunda conocida como cuerpo, localizada por debajo de la túnica, está mantenida por divisiones celulares realizadas en cualquier plano. La diferenciación de nuevos primordios foliares cesa en el momento en que ocurre la transición de la fase vegetativa a la productiva, proceso correlacionado con el número de hojas emitidas de la planta (50% de las hojas emitidas del total de 38 ± 2); además, este proceso está muy influenciado por las condiciones edafoclimatológicas de las plantas, estrés hídricos, deficiencia nutricionales, entre otros factores donde se desarrollan. (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991b).
- **Desarrollo de la inflorescencia:** fenómeno que transcurre desde el momento de la diferenciación hasta que emerge la inflorescencia y alcanza su tamaño normal de 60 cm de longitud y 35 cm de perímetro en la zona de mayor diámetro.

Los nódulos florales o manos fluctúan, en promedio, de 5 a 7, están cubiertos por brácteas; las flores femeninas están dispuestas en fascículos florales, con disposición biseriada; las primeras manos se originan de dos series de 7 a 9 flores.

El orden de formación de frutos en el racimo, a partir de los nódulos florales, ocurre según el clon. Las flores femeninas acumulan carbohidratos en el ovario y se transforman en frutos partenocárpicos. En el extremo distal del racimo se encuentran las flores masculinas con ovario reducido o vestigial y estambres bien desarrollados (Belalcázar, Jaramillo y Toro, 1991b).

- **Posición y organización del racimo.** Una vez que el ápice de la inflorescencia aparece en la parte superior de la planta, toma diferentes posiciones hasta la forma pendular, que transcurre en ocho días; a partir de este momento todos los nódulos florales, por la acumulación de carbohidratos en el ovario, levantan las brácteas hasta conformar el racimo, período que transcurre en 18 días, aproximadamente, para las condiciones del Caribe (Belalcázar, Bahena y Martínez, 1990a).

- **Desarrollo del fruto.** El desarrollo de los frutos partenocárpicos está condicionado, única y exclusivamente, por la acumulación de pulpa en la cavidad formada por las paredes internas del pericarpio. Los lóbulos se atrofian y aparecen inmersos en la pulpa de los frutos desarrollados a manera de diminutas puntos o gránulos de color negro o pardo oscuro. El proceso de llenado comienza a partir del levantamiento de la bráctea hasta los 70 – 90 días después de este evento, que está muy correlacionado con el número de hojas presentes, la radiación y contenido de humedad del suelo (UNIBAN, 1998).

1.10 Crecimiento y desarrollo

1.10.1 Desarrollo

1.10.1.1 Brotación

Abarca desde la siembra hasta la aparición de la primera hoja sobre la superficie del suelo, depende de la textura, y estructura del suelo, y condiciones de humedad; puede transcurrir entre 15 y 30 días.

1.10.1.2 Organogénesis

Se relaciona con los parámetros de desarrollo como: formación del cormo superior, crecimiento del pseudotallo y producción de raíces y colinos.

- **Formación del cormo superior.** El cormo sembrado da origen a una planta cuyo pseudotallo, en principio, es cilíndrico; sin embargo, cuando han transcurrido alrededor de 1.5 a 2 meses desde la siembra, la porción superior comprendida entre el borde superior del cormo y la superficie del suelo, empieza a ensancharse hasta tomar, con el tiempo, forma redondeada, de la cual emergen raíces primarias. La profundidad a la cual inicia la formación y localización temporal del ápice vegetativo o meristemático, está gobernado aparentemente por una determinada longitud de onda de carácter lumínico o calórico; una vez formado el cormo superior, el meristemo vegetativo ubicado en el cormo inferior pasa al superior. La profundidad de siembra afecta al “tallo rizomático” que une el cormo inferior con el superior y la emergencia de la planta.
- **Emisión de raíces:** Es un proceso sumamente activo, por cuanto a los 5, 10 y 15 días desde la siembra, el cormo sembrado emite 5, 15 y 24 raíces, respectivamente. La planta puede emitir 369 raíces, 102 del cormo inferior y 267 del superior, lo cual está influenciado por la textura y estructura del suelo, así como por las condiciones de humedad, proceso que cesa después del belloteo.
- **Desarrollo de colinos.** Se producen tanto en el cormo inferior como en el superior, cada cormo puede producir 10 colinos por ciclo, su emergencia está muy correlacionada con la luminosidad que afecta al proceso directamente (Belalcázar *et al.*, 1998).
- **Crecimiento del pseudotallo:** La altura promedio que alcanza la planta es de 3.64 m, con una tasa de crecimiento de $1,11 \text{ cm}\cdot\text{d}^{-1}$; mientras su perímetro es de 59 cm, a un metro sobre el nivel del suelo, en el primer ciclo, notándose

incrementos significativos en el segundo ciclo de producción, hasta un metro en altura, según la densidad de siembra.

1.10.2. Emisión de hojas

La planta puede emitir hasta 38 ± 2 hojas, las cuales son emitidas a un ritmo de una hoja cada siete días, en la zona del Caribe húmedo y 9.12 días por hoja, en zona Cafetera. Estudios realizados por Aristizábal, Arenas y López, (1997) y Belalcázar *et al.* (1991a), difieren en cuanto al número de hojas emitidas, siendo inferior el reportado por Belalcázar *et al.* (1991). La emisión de hojas es afectada negativamente por las condiciones ambientales adversas o positivamente por condiciones favorables, pudiendo variar la tasa de emisión.

1.10.3 Diferenciación floral

Ocurre cuando la planta ha emitido 50% de las hojas de un total 38 ± 2 . Hasta este momento el meristemo que permanece en el ápice del tallo subterráneo, inicia un proceso fisiológico de diferenciación, que en esencia consiste en su transformación en una yema floral, la cual dará origen a la inflorescencia y racimo correspondiente.

1.10.4 Floración

Esta etapa ocurre, aproximadamente, entre los 7 y 10 meses después de la siembra y es muy sensible a los cambios bruscos de temperatura y deficiencias nutricionales.

1.10.5 Etapas de desarrollo de acuerdo a la BBCH

La escala extendida BBCH, es un sistema creado para una codificación uniforme de identificación de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono- y dicotiledóneas. Es el resultado de un grupo de trabajo conformado por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA) de la República Federal Alemana, el Instituto Federal de Variedades (BSA) de la República Federal de Alemania, la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/ Erfurt, Alemania (IGZ). El código decimal se divide principalmente entre los estadios de crecimiento principales y secundarios y está basado en el bien conocido código desarrollado por Zaddoks, Chang y Konzak, (1974), con la intención de darle un mayor uso a las claves fenológicas. La abreviación BBCH se deriva de los nombres de las siguientes instituciones: Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt y Chemische Industrie.

Para una mejor comprensión de las etapas de desarrollo del plátano, se describirán de acuerdo a la escala de la BBCH compilada por Reimhold (1994). La información utilizada para la elaboración de la escala BBCH está basada en estudios realizados por Barrera y Viera (1993), Barrera y Cayón, (2004); Pineda (1993); Combat, Martínez y Barrera, (2001). (Tablas de la 6 a la 15).

Tabla 6. Etapa 0 de desarrollo: Brotación o emergencia.

CÓDIGO			SUBETAPA
0	0	0	Material recién sembrado (plantas de cultivos de tejidos y cormos), sin crecimiento visible.
5	5	5	Emergencia de la primera hoja nueva en plantas de cultivos de tejidos o del brote foliar del corno.

Tabla 7. Etapa 1 Desarrollo foliar

CÓDIGO			SUBETAPA
10	100	1000	Formación de la primera hoja del corno sembrado o de la hoja candela en plantas de cultivos de tejidos (estado 0)
		1002	Primera hoja del corno sembrado o de la hoja candela (estado 2)
12	102	1020	Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 0)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 2)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 4)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 6)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 8)
13	103	1030	Tres hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 0)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 2)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 4)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 6)
			Dos hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 8)
19	109	1090	Nueve hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 0)
			Nueve hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 2)
			Nueve hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 4)
			Nueve hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 6)
			Nueve hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 8)
....	
	119	1190	Diecinueve o más hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 0)
			Diecinueve o más hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 2)
			Diecinueve o más hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 4)
			Diecinueve o más hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 6)
			Diecinueve o más hojas completamente abiertas y hoja más joven (hoja candela en estado 8)

Tabla 8. Etapa 2. Ahijamiento.

CÓDIGO			SUBETAPA
21	201	2010	Primer hijo con hoja visible
		2011	Primer hijo con hoja de espada visible
		2012	Primer hijo con hoja de agua visible
22	202	2020	Segundo hijo con hoja visible
			Segundo hijo con hoja de espada visible
			Segundo hijo con hoja de agua visible
23	203	2030	Tercer hijo con hoja visible
			Tercer hijo con hoja de espada visible
			Tercer hijo con hoja de agua visible
29	209	2090	Nueve o más hijos con hoja visible
			Nueve o más hijos con hoja de espada visible
			Nueve o más hijos con hoja de agua visible

Tabla 9. Etapa 3. Crecimiento del Pseudotallo

CÓDIGO			SUBETAPA
35	305	3050	El pseudotallo alcanza el 50% del crecimiento típico en grosor y longitud, según el genoma o clon.
39	309	3090	Se alcanza el máximo de longitud y grosor del pseudotallo correspondiente al genoma o clon, y cesa la emisión de nuevas hojas de tamaño normal.

Tabla 10. Etapa 4. Desarrollo foliar del hijo

CÓDIGO			SUBETAPA
40	400	4000	Subetapa de crecimiento dependiente: el hijo se hace visible y emite el primer brote o fisgón.
41	401	4011	Emisión de primera hoja lanceolada.
		4012	Emisión de segunda hoja lanceolada.
		4013	Emisión de tercera hoja lanceolada.
		4014	Emisión de cuarta hoja lanceolada.
		4015	Emisión de quinta hoja lanceolada.
		4016	Emisión de sexta hoja lanceolada.
		4017	Emisión de séptima hoja lanceolada.
		4018	Emisión de octava hoja lanceolada.
		4019	Emisión de novena hoja lanceolada.

Tabla 11. Etapa 5. Emergencia de la inflorescencia.

CÓDIGO			SUBETAPA
50	500	5000	Cesa emisión de hojas normales, se inicia emisión de hoja bracteal.
51	501	5010	Hoja bracteal candela en estado 2.
52	502	5020	Hoja bracteal candela en estado 4.
53	503	5030	Hoja bracteal candela en estado 6.
54	503	5040	Hoja bracteal candela en estado 8.
55	505	5050	Hoja bracteal completamente abierta.
59	509	5090	Emergencia de la hoja placenta o primera bráctea estéril, protegiendo la chira.

Tabla 12. Etapa 6. Floración.

CÓDIGO			SUBETAPA
60	600	6000	La chira se hace visible, protegida por la hoja placenta (primera bráctea estéril).
61	601	6010	Se levanta una bráctea que no protege ninguna mano de flores (segunda bráctea estéril) y el raquis o tallo floral toma orientación pendular.
62	602	6020	Se levanta la bráctea que protege la primera mano de flores femeninas o pistiladas.
63	603	6030	Se levanta la bráctea que protege la segunda mano de flores femeninas o pistiladas
64	604	6040	Se levanta la bráctea que protege la tercera mano de flores femeninas o pistiladas
65	605	6050	Plena floración: al menos 50% de flores femeninas expuestas. Ocurre marchitez y/o caída de brácteas que protegen las manos; curvatura de dedos en posición perpendicular a la dirección del raquis o pinzote.

Tabla 13. Etapa 7. Formación del fruto.

CÓDIGO			SUBETAPA
70	700	7000	Al menos el 50% de los dedos (frutos) muestran curvatura hacia arriba e inicia el llenado de los mismos.
71	701	7010	Total exposición de los dedos o flores femeninas (brácteas protectoras caídas o plegadas y marchitas sobre las manos.
72	702	7020	Los dedos de las manos alcanzan la curvatura característica (hacia arriba y casi paralela al eje o raquis)
73	703	7030	Desde las dos primeras hasta el 30% de las manos, alcanza el máximo grosor de los frutos.
74	704	7040	Hasta el 40% de las manos, alcanza el máximo grosor de los frutos.
75	705	7050	Hasta el 50% de las manos, alcanza el máximo grosor de los frutos.
76	706	7060	Hasta el 60% de las manos, alcanza el máximo grosor de los frutos.
77	707	7070	Hasta el 70% de las manos, alcanza el máximo grosor de los frutos.
78	708	7080	Hasta el 80% de las manos, alcanza el máximo grosor de los frutos.
79	709	7090	Todas las manos alcanzan el máximo grosor de los frutos y aun no se ha iniciado pérdida de peso en ninguna mano.

Tabla 14. Etapa 8. Formación del fruto.

CÓDIGO			SUBETAPA
80	800	8000	La maduración se inicia cuando el fruto, habiendo alcanzado el máximo grosor, comienza a sufrir pérdida de peso y cambios de color, definidos como grados de madurez.
81	801	8010	Grado 1 de madurez: verde. Color normal de la fruta fresca.
82	802	8020	Grado 2 de madurez: verde claro o verde con matices o tintes amarillos. Primer cambio de color durante el ciclo de maduración.
83	803	8030	Grado 3 de madurez: verde amarillento (mas verde que amarillo).
84	804	8040	Grado 4 de madurez: Amarillo verdoso (mas amarillo que verde). Color normal de la fruta fresca.
85	805	8050	Grado 5 de madurez: amarillo con tintes o matices verdes.
86	806	8060	Grado 6 de madurez: amarillo.
87	807	8070	Grado 7 de madurez: amarillo con manchitas de color marrón. Fruto completamente maduro, con alto valor nutritivo y mejor sabor.
88	808	8080	Grado 8 de madurez: fruto con 20 a 50% de la superficie color marrón o deteriorada.
89	809	8090	Grado 9 de madurez: los frutos presentan coloración marrón o superficie deteriorada en más del 50%.

Tabla 15. Etapa 9. Senescencia.

CÓDIGO			SUBETAPA
90	900	9000	Más del 50% de los frutos muestran coloración marrón.
91	901	9010	Las hojas que persisten en la planta se han necrosado en sentido acrópeto y las flores masculinas se han marchitado, necrosado y/o caído.
93	903	9030	Total marchitez y necrosis de los frutos.
95	905	9050	Se produce degeneración (necrosis) de la chira.
97	907	9070	Se inicia necrosis del pseudotallo, con resquebrajamiento de las vainas envolventes. El pseudotallo adquiere color pardo o marrón.
98	908	9080	Total descomposición de los tejidos y caída del pseudotallo.
99	909	9090	Partes cosechadas (estadios para señalar tratamientos en Poscosecha).

Figura 2. Esquema de estadios de las etapas principales 0, 1, 2,3 y 4 de Musáceas.

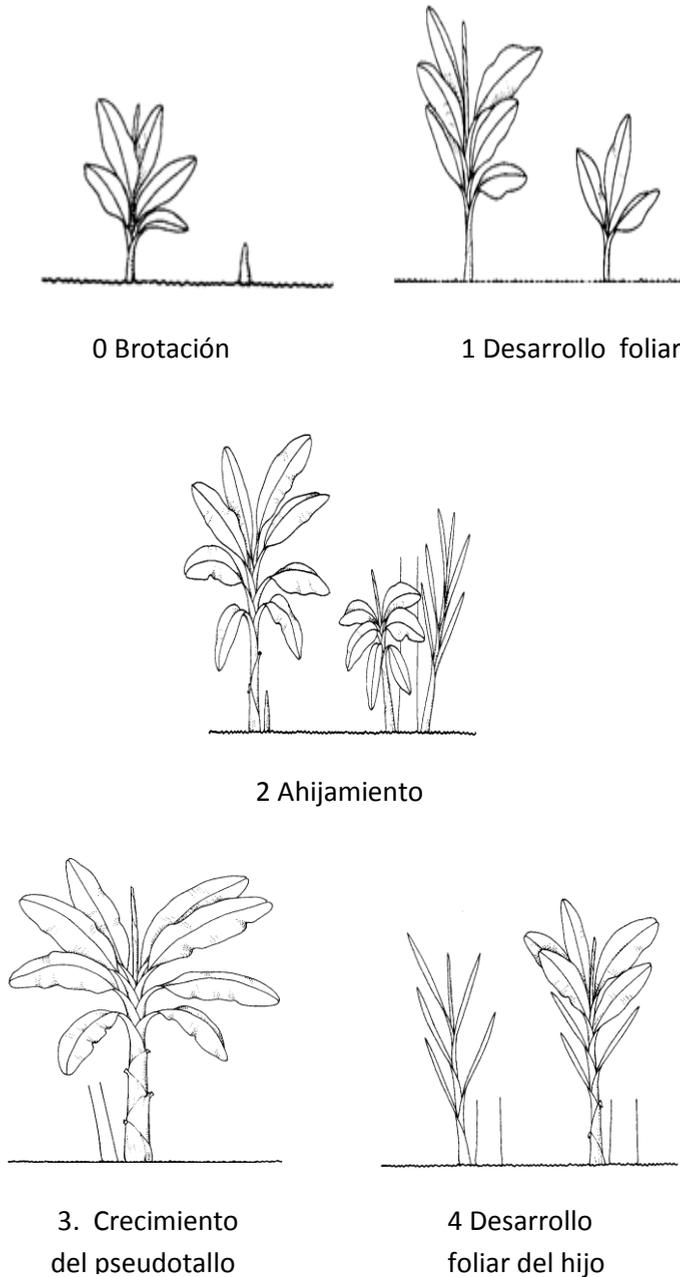


Figura 3. Esquema de estadios de las etapas principales 5, 6 de Musáceas.



5. Transición floral



6. Floración

Figura 4. Esquema de estadios de las etapas principales 7,8 y 9 de Musáceas.



7. Formación del fruto

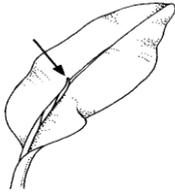


8. Maduración del fruto

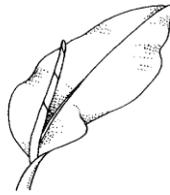


9. Senectud y muerte

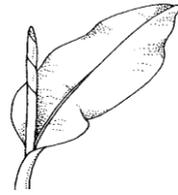
Musáceas.



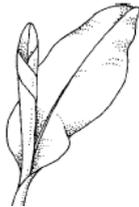
IXX0



IXX2



IXX4

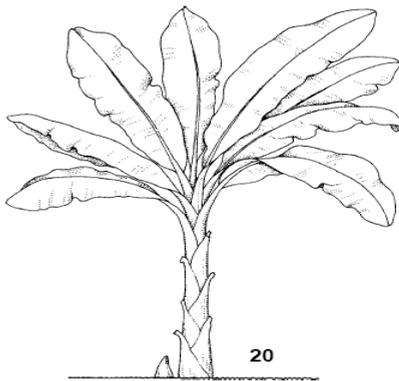


IXX6



IXX8

XX = 00 al 19 indica el número de hoja visible

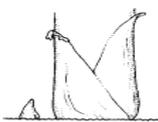


20

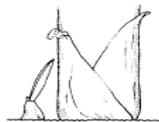


2x1

2x2



40



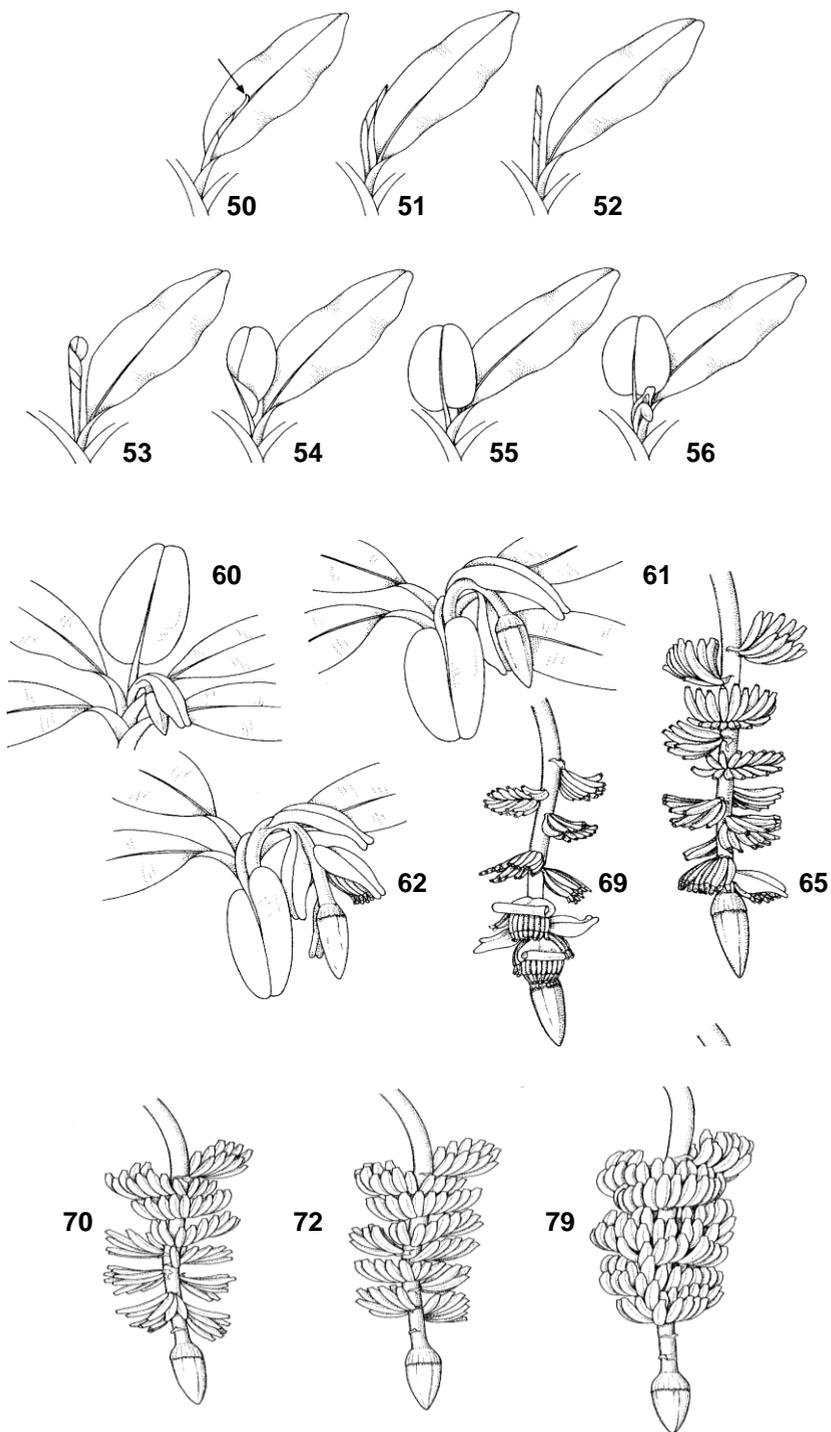
41

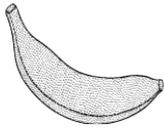


45

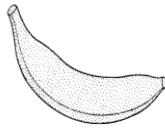


49

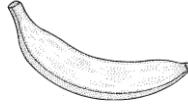




81



83



84



85



86



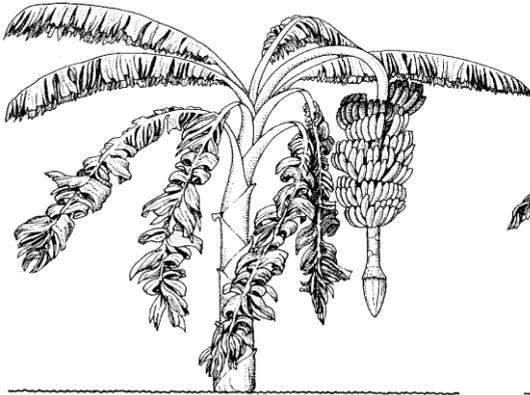
87



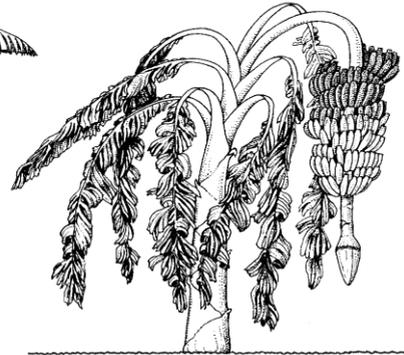
88



89



91



93



95



98

1.11 Crecimiento

El crecimiento del cultivo de plátano comprende tres fases de crecimiento que son:

1.11.1 Fase vegetativa

Comprende desde el momento de la siembra hasta que se lleva a cabo la diferenciación floral. Su duración puede ser del orden de los cuatro a cinco meses, aproximadamente, para las condiciones del Caribe húmedo (Barrera y Vieira, 1993), esta fase está influenciada por las condiciones ambientales, que pueden incrementarla hasta en cinco meses, influyendo notablemente la humedad del suelo y la radiación solar.

1.11.2 Fase reproductiva

Esta fase puede ser considerada como de singular importancia, por cuanto de su correcta evolución va a depender el rendimiento, el cual está relacionado directamente con el tamaño del racimo (Cayón, 1998). Se caracteriza fundamentalmente por la diferenciación floral conducente a la formación de flores femeninas y masculinas; las primeras darán origen a los frutos que conformarán, en primera instancia, las manos y, el conjunto de ellas, el racimo (Belalcázar *et al.*, 1991a).

El tamaño y la forma del racimo son factores condicionados genéticamente, el número de manos y frutos típicamente partenocárpicos oscilan, para el clon Hartón, en promedio, alrededor de 6.5 manos y 33 frutos (dedos), para las condiciones del Caribe húmedo (Pineda, 1993). Estos valores están influenciados, negativamente, por las condiciones ambientales adversas y, por daños sufridos por la planta en épocas críticas, como severas defoliaciones, deficiencias nutricionales, estrés hídrico, entre otros (Espinosa *et al.*, 1998; Merchán, 1995). Esta fase se inicia una vez finaliza la fase vegetativa, entre los 4 y 5 meses después de la siembra, y finaliza a los nueve meses (Pineda, 1993).

1.11.3 Fase productiva

Esta fase se extiende desde la finalización de la diferenciación floral, continúa con el ascenso de la yema floral diferenciada hacia el ápice del pseudotallo, emergencia y disposición de la inflorescencia visible, llenado de los frutos (dedos) que conforman el racimo, hasta la cosecha. Todo este proceso es influenciado por el medio ambiente (Belalcázar, Cayón y Lozada 1991a), labores culturales (podas de manos, embolse). Puede durar alrededor de 7.5 meses para el Caribe húmedo tropical (Soto y Calvo, 1987).

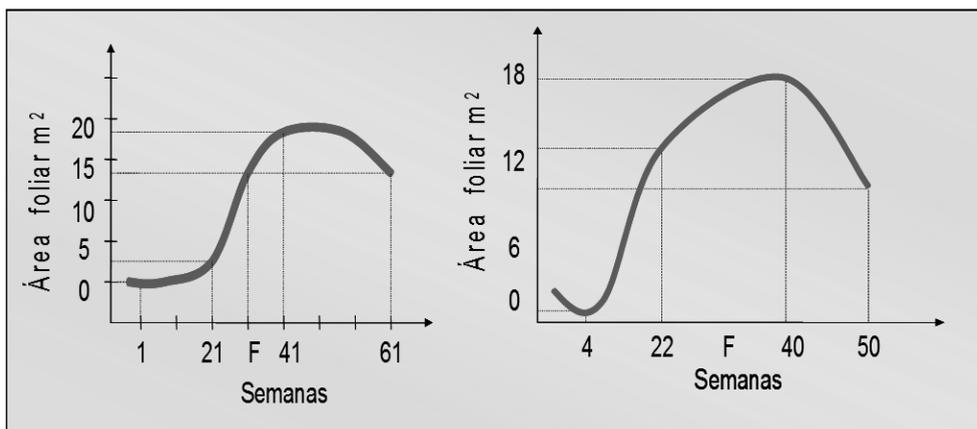
1.12 Determinantes fisiológicos

La producción de materia seca total es el resultado de la eficiencia del dosel para interceptar y utilizar la radiación solar disponible durante el período de crecimiento del vegetal. Esta eficiencia se mide a través de ciertos parámetros que componen los determinantes fisiológicos del rendimiento o índices de crecimiento (Clavijo, 1994; Cardona, Araméndiz y Espitia, 2008).

1.12.1 Área foliar e Índice de Área Foliar (IAF)

Para plátano se ha determinado un IAF de 0,80246 (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a), en el clon Dominicó – Hartón. El área foliar se incrementa notablemente hasta la hoja 32 y disminuye considerablemente hasta el momento de la floración, con la hoja placenta, de menor tamaño.

Figura 5. Relación entre el área foliar y el tiempo en plantas procedentes de semillas In Vitro y tradicional o convencional, respectivamente.



Fuente: Moore, (1979).

En la Figura 5, se puede notar el comportamiento del área foliar de plantas provenientes de semillas obtenidas in vitro y de forma tradicional, respectivamente. El crecimiento es exponencial siguiendo patrón sigmoide (Moore, 1979).

Después de la emisión de la bellota, cesa la emisión de hojas y raíces; las hojas formadas constituyen la fuente para el llenado de los frutos; a su vez se presenta una disminución considerable de la absorción de nutrientes, por lo que no es procedente efectuar fertilizaciones o abonamientos, ya que el sistema de absorción se encuentra disminuido considerablemente. Se debe implementar manejo fitosanitario eficiente con el fin de preservar el área foliar presente.

En estudios realizados por Belalcázar, Cayón y Lozada (1991a), reportan que los frutos de plantas a las que se les removieron todas las hojas tuvieron crecimiento lento y durante las etapas iniciales del llenado, se efectuó la mayor contribución de carbohidratos y concentración de minerales (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

1.12.2 Tasa de Asimilación Neta (TAN).

Este índice es una medida de la eficiencia fotosintética promedio de las hojas en un cultivo y expresa la ganancia en peso seco en un tiempo determinado por unidad de área foliar. En plátano es común una tasa de asimilación neta promedio de $0.03 \text{ mg cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

1.12.3 Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

Esta tasa mide la acumulación de la materia seca por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo. Los valores mínimo y máximo de TCC observados en plátano son de $10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 25.92 \text{ g cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y $26 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} = 69.27 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectivamente.

1.12.4 Arquitectura de la planta

El plátano emite sus hojas verticalmente, pero, por efecto del tamaño y peso de las mismas, se van inclinando, describiendo diferentes ángulos con relación al tallo principal de la planta. De esta manera, las hojas tienden a ubicarse en diferentes posiciones, dando una forma cilíndrica que permite un mayor paso de la luz a través del dosel.

1.12.5 Distribución de los fotosintatos

El crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de plátano dependen, fundamentalmente, del porcentaje de radiación solar interceptado por las hojas, de la tasa de asimilación neta y de la distribución de asimilados que contribuyen al crecimiento vegetativo y al llenado de frutos. Como el desarrollo progresivo de las hojas determina el crecimiento y producción del cultivo, éstas deben mantenerse funcionales desde el inicio de la floración y durante el desarrollo de los frutos. La modificación del dosel de un cultivo, mediante la remoción selectiva de hojas, influencia el área foliar y la fructificación de las plantas (Decotean, 1990). Los frutos de las musáceas se caracterizan por tener alto contenido de almidón, en estado verde, y de azúcares, en estado maduro. Además poseen un contenido de minerales importante. El contenido de carbohidratos predominante en el fruto verde es de 48% de la materia seca o 12% del peso fresco (Faulkes, Espejo y Delpeche, 1978).

En la fase vegetativa del cultivo, los principales sitios de demanda de fotoasimilados son los ápices de raíces y el ápice del tallo subterráneo (cormo). En la etapa de reproducción la demanda de fotoasimilados se da, principalmente, en el escapo floral, por el ascenso de la inflorescencia que representa un gasto de mucha energía; en consecuencia, la demanda disminuye en las raíces y otros órganos de la planta, dando prioridad al desarrollo reproductivo. Para un funcionamiento apropiado de las anteriores órganos, es necesario que la planta cuente con, mínimo, nueve hojas funcionales, ya que las pérdidas de área foliar causan disminuciones en el rendimiento del cultivo.

Al respecto, trabajos realizados por Cayón, (1995), mostraron que el peso del racimo es afectado tanto por el grado como por la época de defoliación en la etapa de posfloración. Defoliaciones realizadas en la época de floración influyen significativamente, disminuyendo el peso promedio del racimo, en comparación con el testigo, sin defoliación; lo que permite concluir que la principal fuente de fotoasimilados proviene de las hojas presentes, y la principal demanda, durante y después de la diferenciación, es el escapo floral o futuro racimo.

Las defoliaciones que afectan parcial o totalmente el racimo, corresponden a la de los tercios superior y medio, que deben protegerse por un tiempo no inferior a 40 días, posterior a la floración, para que ocurra un buen llenado de los frutos. Al evaluar la contribución, por tercios de hojas, los resultados sugieren que los tercios medio e

inferior están más comprometidos en el llenado del fruto, mientras que el tercio superior juvenil y activo, probablemente contribuye más a mantener el crecimiento y desarrollo de la unidad productiva.

La fotosíntesis laminar de la planta correlacionó positivamente con el peso del racimo y con el contenido de materia seca de los frutos, indicando que el rendimiento del cultivo depende, en gran medida, del desarrollo progresivo de las hojas, las cuales deben mantenerse funcionales, principalmente desde el inicio de la floración o belloteo.

La poda severa de hojas durante la floración reduce significativamente el peso del racimo, por lo cual es recomendable mantener nueve hojas funcionales desde la floración para obtener un buen racimo. No obstante, con las seis últimas hojas, también es posible obtener un racimo aceptable comercialmente, con una ligera reducción del tamaño con relación al testigo. Al efectuar las podas, se notó una compensación de las hojas presentes con relación a las removidas.

En trabajos posteriores, se mostró que la distribución de los nutrientes minerales sigue las siguientes relaciones: mayor contenido de nitrógeno en la pulpa cuando permanecieron tres hojas inferiores; en cáscara y raquis la mayor concentración de este nutrimento ocurrió con tres y seis hojas superiores, mientras que el potasio en la pulpa se encontró en menor concentración cuando la planta sufrió defoliación total, y en la cáscara su concentración fue mayor en plantas no defoliadas y significativa con la remoción de hojas inferiores. Las concentraciones de calcio y magnesio en la pulpa de los frutos, fueron poco afectados por la defoliación y en general, la mayor concentración de elementos minerales se encontró en la cáscara de los frutos y en el raquis del racimo (Barrera y Cayón, 2004).

1.12.6 Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento en el plátano se basan en el número de plantas por m², el número de dedos o frutos por racimo y el peso promedio de los frutos. El primero y el tercero de los componentes pueden ser modificados por el hombre. Con base en los distintos arreglos de población, se presentan a continuación los rendimientos del cultivo, según densidades de siembra (Tabla 16).

Tabla 16. Componentes del rendimiento de Dominico – Hartón en tres densidades de siembra.

Plantas por sitio	Densidad (plantas/ha)	Peso racimo	Número		Peso dedos (g)	Longitud del dedo			Peso seco		Peso del raquis (g)	%
			Manos	Dedos		Interna	Externa	Grosor (cm)	Pulpa (g)	Cáscara (g)		
Una	1666	14.1 ^a ***	7.0 a	47 a	372 a	33.7 a	30.7 a	17.0 a	3540.9 a	736.5 a	1008 a	80.0 a
Dos	3332	10.26	7.2 b	40 a	311 b	22.2 a	28.7 a	15.4 b	2544.1 b	478.9 b	690 b	67.5 b
Tres	4998	10.0b	6.6 a	38 a	238 c	23.0 a	28.2 a	13.7 c	1432.9 c	315.6 b	550 c	33.0 c
	C.V.(%).	20.5	6.6	22.1	12.5	8.5	8.8	4.0	23.8	21.2	21.8	20.0
	F (Trat.)	**	N.S.	**	**	N.S.	N.S.	**	**	**	**	**

Peso seco		Peso del raquis	%
Pulpa (g)	Cáscara (g)	(g)	Cosecha
3540.9 a	736.5 a	1008 a	80.0 a
2544.1 b	478.9 b	690 b	67.5 b
1432.9 c	315.6 b	550 c	33.0 c
23.8	21.2	21.8	20.0
**	**	**	**

* Prueba Significativa 5%.

** Prueba Significativa 1%.

***Datos con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Duncan $\alpha = 0.05$
N.S. Prueba I no significativa.

Fuente: Belalcázar, 1991.

El aumento de las densidades de siembra afectó negativamente el peso del racimo y el resto de los componentes del rendimiento.

Un ejemplo de rendimiento esperado de un cultivo con una población de 1666 plantas por hectárea es:

$$\begin{aligned}
 REND &= \frac{N^\circ \text{Plantas}}{\text{Área}} * \frac{N^\circ \text{Racimos}}{\text{Planta}} * \frac{N^\circ \text{Frutos}}{\text{Racimo}} * \frac{\text{Peso}}{\text{Fruto}} \\
 REND &= \frac{1666 \text{Plantas}}{\text{ha}} * \frac{1 \text{Racimo}}{\text{Planta}} * \frac{33 \text{Frutos}}{\text{Racimo}} * \frac{350 \text{g}}{\text{Fruto}} = 19242000 = 19.242 \frac{t}{\text{ha}}
 \end{aligned}$$

2. LABORES CULTURALES EN ESTRUCTURAS VEGETATIVAS

2.1. Deshije

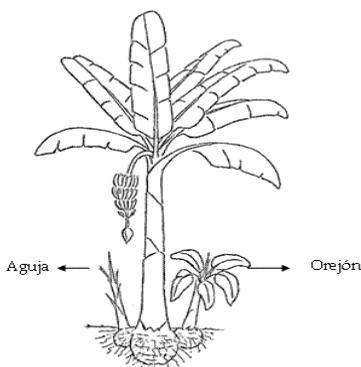
Esta labor se realiza teniendo en cuenta la mejor ubicación y distancia entre los hijos de cada planta, evitando generar enfrentamientos y encierros en la plantación; se busca así una población adecuada, producción continua y mantenimiento de las hileras y distancias entre las plantas de las unidades productivas (Ver ANEXO. Fotografía 1).

El manejo de la población requiere del conocimiento pleno de las características de cada una de las unidades de producción, para escoger, con el mejor criterio, una apropiada distribución de la plantación.

2.1.1 Tipos de hijos o puyones.

2.1.1.1. De espada o aguja

Figura 6. Tipos de puyones de reemplazo.



Nacen a partir de las yemas del pseudotallo de la planta madre. Por esta razón manifiestan un desarrollo superior y excelente vigor y son los indicados para reemplazar a la planta madre en la sucesión de la unidad productiva (Figura 6). Se identifican porque tienen la forma de cono invertido, o sea, su base es más ancha que la parte superior y sus hojas son angostas y alargadas, terminadas en punta, “en forma de espada”.

Existe un tipo de puyón aguja que aparece profundo y algo distante de la base de la planta madre el cual, por su buen desarrollo, es el mejor para continuar la secuencia de la unidad de producción.

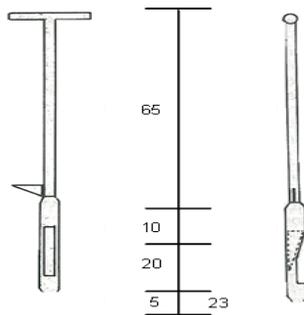
2.1.1.2. Orejones

Son el producto de las yemas con escaso vigor; pueden provenir de yemas que

han perdido su vitalidad al cortar la planta madre. Se caracterizan por su apariencia débil, desarrollan hojas anchas prematuramente y, además, el pseudotallo no presenta la forma de cono invertido, siendo más bien recto o cilíndrico (Figura 4). Debido a que se han separado de la planta madre muy pronto, presentan la apariencia de plantas adultas, pero enanas. Aunque muchos agricultores rechazan estos hijos, salvo en el caso de no disponer de los mejores tipos, se ha demostrado que dan lugar a plantas normales y de producción aceptable (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

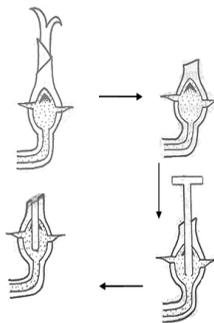
2.1.1.3 Rebrotos

Figura 7. Vista frontal y lateral del barreno sacabocado



Fuente: Belalcázar, (1991).

Figura 8. Proceso de eliminación del ápice vegetativo con barreno sacabocado



Fuente: Belalcázar, Jaramillo y Cortes, (1991b).

Son aquellos hijos que rebrotan después del corte del deshije de espada, crecen rápido y se confunden con los hijos de aguja pero se pueden diferenciar por la presencia de cicatrices en el lugar de corte de los hijos de espada. Deben descartarse porque para su desarrollo el cormo gasta mucha energía.

La época y la metodología utilizada para la eliminación de los colinos son

fundamentales. La primera hace referencia al estado de desarrollo de los colinos y debe realizarse antes de que se originen efectos negativos en la fisiología de la planta madre, debido a la competencia por luz, agua, nutrimentos y espacio; la metodología hace hincapié en la clase de herramienta utilizada. La técnica recomendada es la eliminación del meristemo del colino pequeño con barreno sacabocado. La eliminación del ápice vegetativo no debe causar daño a la planta ni debilitar el anclaje de la misma (Figuras 7 y 8).

Investigaciones realizadas sobre el efecto del deshije, en diferentes etapas de desarrollo, en los clones Dominico Hartón (Valencia, Belalcázar y Arcila, 1995) y Hartón (Barrera *et al.*, 2002) indican que esta práctica cultural no afecta el crecimiento y desarrollo de la planta y, por consiguiente, no influye en la producción (Tablas 17, 18 y 19).

Ambos estudios señalan que la labor de deshije se puede efectuar en cualquier etapa de desarrollo vegetativo y productivo de la planta, pero es recomendable hacerla en etapas tempranas para facilitar la selección del colino de secuencia y obtener una adecuada distribución de las hileras y calles. Esta práctica ha sido considerada todo un “arte”, ya que cada unidad de producción requiere tratamiento individualizado.

En los últimos años se ha introducido la práctica de eliminación de hijos de corona o del corno superior y no del corno inferior como se hace tradicionalmente. Para la elección se tiene en cuenta los mismos parámetros del deshije tradicional (vigor, ubicación, orientación). Esta práctica ha presentado resultados satisfactorios a los productores, aunque no se ha evaluado actualmente o existen pocos reportes sobre ella.

Tabla 17. Efecto del deshije en diferentes estados de desarrollo sobre el crecimiento del plátano Dominico-Hartón en dos ciclos de producción.

Deshije	Altura planta a cosecha (m)				Perímetro pseudotallo a cosecha (cm)				Total hojas emitidas			Hojas presentes en floración				
	A		B		A		B		A	B		A		B		
20 hojas	3,5	a	4,6	a	58,7	a	71	a	37	A	38	a	12	a	11	a
24 hojas	3,4	a	4,5	a	58,2	a	67,5	a	37	A	38	a	12	a	10	a
28 hojas	3,5	a	4,4	a	59	a	69,6	a	36	A	38	a	12	a	10	a
32 hojas	3,6	a	4,6	a	60,3	a	70	a	37	A	38	a	12	a	10	a
Floración	3,6	a	4,5	a	59,1	a	70,5	a	37	A	38	a	12	a	10	a
15 DDF	3,4	a	4,3	a	58,7	a	67,2	a	37	A	38	a	12	a	10	a
30 DDF	3,6	a	4,4	a	60,1	a	70,1	a	37	A	38	a	12	a	10	a
45 DDF	3,5	a	4,3	a	59,8	a	67,4	a	37	A	38	a	12	a	10	a
Testigo	3,5	a	4,6	a	59,3	a	70,2	a	37	A	39	a	12	a	10	a
C.V. (%)	2,5		2,8		3,8		3,2		1,3		1,8		3,3		4,8	
DDF: Días después de floración; A: Primer ciclo de producción; B: Segundo ciclo de producción																

Tabla 18. Efecto del deshije en diferentes estados desarrollo sobre el desarrollo del plátano Dominico-Hartón, en dos ciclos de producción (Valencia, Belalcázar y Arcila 1995).

Deshije	Siembra a floración (meses)		Siembra a cosecha (meses)		Floración a cosecha (meses)	
	A	B	A	B	A	B
20 hojas	12,9	16,5	16,9	20	4	3,6
24 hojas	13,4	16,9	17,4	20,4	4,1	3,6
28 hojas	13,5	16,8	17,4	20,4	3,9	3,7
32 hojas	13,7	17,1	17,7	20,9	4	3,8
Floración	13,8	16,5	17,7	20,5	3,9	4,1
15 DDF	13,6	16,2	17,6	20,1	4	4
30 DDF	13,5	16,8	17,4	20,3	3,9	3,5
45 DDF	13,3	17	17,3	20,6	4	3,6
Testigo	12,9	16,3	17,1	20,1	4,1	3,9
C.V. (%)	3	2,8	3,8	3,2	1,3	6,7

DDF: Días después de floración; A: Primer ciclo de producción; B: Segundo ciclo de producción

Tabla 19. Efecto del deshije en diferentes estados desarrollo sobre la producción del plátano Dominico-Hartón, en dos ciclos de producción (Valencia, Belalcázar y Arcila, 1995).

Deshije	Dedos por racimo				Peso racimo (kg)				Rendimiento (ton/a)			
	A	a	B	a	A	a	B	A	a	B	a	
20 hojas	51	a	52	a	18,4	a	20,2	A	23,6	a	25,9	a
24 hojas	46	a	42	a	17,9	a	16,9	A	22,9	a	21,7	a
28 hojas	51	a	48	a	20,3	a	20,3	A	26,1	a	26,1	a
32 hojas	49	a	50	a	20,7	a	19,6	A	26,5	a	24,3	a
Floración	47	a	51	a	19,1	a	19,6	A	24,5	a	25,1	a
15 DDF	49	a	44	a	18,9	a	16,7	A	24,2	a	21,4	a
30 DDF	55	a	55	a	19,4	a	20,6	A	24,9	a	26,5	a
45 DDF	49	a	47	a	16,9	a	18,2	A	21,7	a	23,4	a
Testigo	48	a	51	a	19	a	20,2	A	24,3	a	25,9	a
C.V. (%)	10,9		10,5		7,8		8,3		7,8		8,3	

DDF: Días después de floración; A: Primer ciclo de producción; B: Segundo ciclo de producción

Nota: Valores en columnas con letras iguales no difieren entre si significativamente, Bonferroni al 5%.

2.2 Desvío de puyones

El desvío de puyones consiste en cambiar la dirección inicial de crecimiento del puyón ya seleccionado debido a que su ubicación y desarrollo afecta la calidad de los frutos del racimo que se está formando por el roce permanente de sus hojas. El desvío se realiza cuando el colino seguidor está ubicado debajo del racimo de la planta y antes que su hoja bandera lo alcance, orientando el crecimiento del puyón en la dirección opuesta a la caída del racimo. Esta labor debe realizarse utilizando guasca seca o venas (nervaduras) de la misma planta. Se debe hacer el desvío sólo cuando se aprecia que el puyón puede ocasionar deterioro en la calidad de los frutos.

2.3 Desguasque

Consiste en realizar en forma manual una limpieza racional del material vegetal del pseudotallo que se encuentre seco o descompuesto (guasca o calquetas), con el fin de evitar que se conviertan en albergues de insectos plagas, y para manejar el aspecto estético de la plantación (Ver ANEXO. Fotografía 2). Esta práctica también se realiza en resiembras y puyones, teniendo el cuidado de arrancar aquellas guasca que se desprenden fácilmente, eliminándolas desde la base.

3.4 Deshoje

Hay que considerar que en época seca o de bajas precipitaciones no es recomendable dejar tan descubierto el pseudotallo ya que por las altas temperaturas se pierde agua, lo cual ocasiona la deshidratación del pseudotallo. En la época de altas precipitaciones se puede hacer el desguasque con el criterio de eliminar partes vegetales de la planta que al acumular agua pueden favorecer la incidencia de enfermedades y plagas. Esta labor puede realizarse simultáneamente con el deshije y debe hacerse en forma periódica, de acuerdo con las condiciones del cultivo. En algunas regiones, especialmente en las más cálidas (de 0 a 1.000 m.s.n.m.), esta práctica es necesaria y básica para manejar el Gusano Tornillo (*Castniomera humboldti*), y se debe realizar, como mínimo, cada dos meses. En la zona cafetera, el desguasque se puede realizar semestralmente (Pérez, González y Valencia, 2004). Es importante anotar que cuando las plantas presentan un crecimiento y desarrollo adecuado desprenden las guasca, mientras que cuando están afectadas por estrés u otros factores quedan adheridas al pseudotallo.

Cuando se presentan problemas de bacteriosis en el pseudotallo se deben desinfectar las herramientas con hipoclorito de sodio (2 a 3%) para evitar la diseminación de la enfermedad al realizar el desguasque.

Consiste en la eliminación de hojas que ya han cumplido su ciclo de vida (secas), dobladas o caídas por la acción de algún factor externo (vientos y/o daños mecánicos), hojas que presenten más de 50% del área afectada (tejido necrótico) y aquellas conocidas como “bajeras” que interceptan la luz y no permiten que llegue a la base de las plantas (Ver ANEXO. Fotografía 3.).

Una práctica derivada de la labor de deshoje es el denominado despunte que consiste en la remoción, únicamente del área de la hoja afectada por Sigatoka Negra (área necrosada o quemada), evitando así eliminar área foliar sana, funcional e indispensable para el desarrollo y llenado de los racimos; además, disminuye la cantidad de inóculo, limitando que el hongo (*Mycosphaerella fijiensis*) se reproduzca con facilidad e infecte con mayor incidencia y severidad la plantación.

El deshoje se hace mediante el empleo de un cuchillo curvo “deshojador”, amarrado a una vara, con el cual se hace el corte de los peciolos a ras del pseudotallo. Si existe la enfermedad del Moko en el área, es imperativo desinfectar la cuchilla con hipoclorito de sodio al 2 ó 3% después de deshojar cada planta.

Esta labor puede llevarse a cabo semanal o quincenalmente de acuerdo al estado del tiempo de la zona en cuanto a precipitaciones y vientos y según la presión de problemas fitosanitarios.

Por otra parte, esta práctica permite:

- La penetración de los rayos solares, los cuales favorecen el desarrollo óptimo de los colinos, básico para la organización y reducción del tiempo entre los ciclos productivos.
- La circulación del viento dentro de la plantación reduciendo la humedad relativa del cultivo con lo cual disminuye la incidencia y severidad del ataque de enfermedades y algunas plagas.
- Acelera el proceso de mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante la incorporación de una mayor cantidad de material orgánico.

Es importante tener en cuenta que el número de hojas funcionales está directamente relacionado con el peso y el tamaño del racimo. Los estudios realizados al respecto han demostrado que una planta necesita un mínimo de ocho hojas durante todo su ciclo de vida para producir un racimo de buenas condiciones, y que la planta puede soportar pérdidas hasta de 50% de su follaje en cualquier época de su desarrollo vegetativo, sin que por ello se afecten el desarrollo y calidad de la producción (Belalcázar, Bahena y Martínez, 1990a y Belalcázar *et al.*, 1990b).

De acuerdo con las investigaciones anteriores y, analizando sus resultados con el fin de tener la posibilidad de manipular el follaje para favorecer los procesos fisiológicos de la planta y el control de enfermedades foliares, se puede pensar que si para fines comerciales una planta requiere, un mínimo de ocho hojas, para producir un buen racimo y que bajo condiciones favorables puede conservar 16 hojas (el doble de las hojas requeridas), no sería necesario conservarlas todas para incrementar la producción. Además, en condiciones adversas como por ejemplo, en una época de sequía, su presencia es desfavorable por cuanto estarían contribuyendo a la pérdida de agua a través del proceso de transpiración.

Desde un punto de vista técnico y práctico, la eliminación de hojas secas no sólo debe estar dirigida a éstas sino, también, se podría extender a todas aquellas hojas verdes funcionales sin afectar el número mínimo requerido para la producción.

Como las primeras 12 hojas emitidas por la planta, aparentemente, no juegan un papel fundamental sobre el desarrollo posterior del plátano (Belalcázar *et al.*, 1990), para la Costa Atlántica, se podrían implementar prácticas de deshoje fitosanitario mediante podas totales o parciales dependiendo del nivel de daño, contribuyendo a un mejor uso y aprovechamiento de los factores de producción, con el consecuente

incremento de los beneficios económicos. Para obtener un racimo de buen peso y calidad, el manejo del cultivo debe buscar mantener un número mínimo de hojas funcionales óptimas (nueve hojas), hasta el momento de la floración y se pueden realizar podas graduales hasta de un 30% del área foliar durante los primeros 45 días después de la floración (DDF) y finalizar, al momento del corte del racimo, con cinco hojas funcionales (más o menos un 40% del área foliar inicial), con lo cual se logrará un excelente llenado del fruto de acuerdo con los estándares de calidad (grosor, peso y largo del fruto) exigidos por los mercados internacionales. No obstante, cuando se da un buen manejo agronómico al cultivo y se seleccionan plantas altas y vigorosas, se puede obtener una óptima calidad de fruta con un mínimo de seis hojas funcionales (Barrera y Cayón, 2004; Belalcázar *et al.*, 1990).

Belalcázar *et al.* (1990) determinaron, en plátano Dominico – Hartón, que los tercios foliares medio e inferior están más comprometidos en el llenado del racimo, mientras que el tercio superior, más juvenil y activo, probablemente contribuye más a mantener el crecimiento y desarrollo de la unidad productiva. En el plátano Hartón los tercios superior y medio son las más comprometidos en el llenado del racimo (Barrera y Cayón, 2004). La remoción de las hojas intermedias de la planta afecta el crecimiento y desarrollo del racimo que la remoción de las hojas superiores e inferiores, indicando que esas hojas contribuyen eficientemente al llenado de los frutos (Cayón y Bolaños, 1999).

2.5 Amarre de plantas

Esta labor se lleva a cabo con el fin de prevenir la pérdida de unidades productivas por volcamiento. Los vientos fuertes constituyen uno de los factores que ocasionan mayores pérdidas al cultivo del plátano. Se han identificado algunos factores que predisponen a la planta al volcamiento por efectos de los vientos, como son el peso del racimo, la altura de la planta, embalconamiento (elevación del corno y pseudotallo por encima de la superficie del suelo) y mal anclaje de las mismas, producto de los daños ocasionados al sistema radical por siembras superficiales, descolines severos e inoportunos, mal drenaje, insectos barrenadores del corno y pseudotallo, y nematodos.

Existen dos sistemas de apuntalamiento, los cuales están dirigidos a minimizar pérdidas de forma oportuna, eficaz y permanente. Estos son:

- a. Sistema de tijera (uso de soporte rígido):** gira en torno a la edad y altura de la planta. Para este propósito se recurre al empleo de puntales de caña brava, bambú, guadua o cualquier otro tipo de material rígido. El sistema consiste en aplicar uno o dos puntales rígidos en el sentido contrario a la inclinación de la planta soportando el pseudotallo en la parte superior, tan cerca como sea posible del punto de salida del raquis.
- b. Sistema de amarre con cuerda de polipropileno:** El amarre se hace en la base de los pecíolos, entre la tercera y cuarta hoja, los extremos de las cuerdas se sujetan a 70 cm de la base del pseudotallo de las plantas vecinas que sirven como soporte (anclaje con “dos vientos”), de tal manera que el ángulo entre los dos sea de 45 a 60 grados, aproximadamente. Al ejecutar esta labor se debe evitar que las cuerdas queden flojas, amarrar en puyones, plantas cosechadas y resiembras (Ver ANEXO. Fotografía 4).

El amarre prematuro y muy templado provoca el represamiento del racimo antes de salir por el ápice del pseudotallo lo cual puede ocasionar la salida prematura del mismo a través de la superficie lateral del pseudotallo de manera perpendicular a éste. En este caso se descartan los racimos emergentes por deficiente desarrollo. Esta labor se debe realizar semanalmente (la época más oportuna es cuando la inflorescencia se torna péndula); se debe complementar esta labor con el reamarre de cuerdas flojas o cortadas. Dependiendo de la variedad cultivada y el calibre de nylon, un kilogramo de nylon alcanza para amarrar entre 20 y 23 plantas.

2.6 Destronque

Consiste en la eliminación del vástago o pseudotallo y parte del cormo de las plantas ya cosechadas, mediante el uso de un palín bien afilado, haciendo un corte en el cormo, de forma inclinada, a ras del suelo y de adentro hacia fuera. El corte debe ser pulido, sin desgarraduras para evitar encharcamiento y prevenir pudriciones. Posteriormente se debe cubrir el corte con tierra, facilitando la cicatrización y evitando la atracción y ataque de plagas que afectan el cormo.

Existen dos tipos de destronque: destronque gradual y destronque inmediato. El primero permite que los restos de pseudotallo puedan servir como reserva de agua y minerales para los hijos o puyones en desarrollo. La otra alternativa es la eliminación de manera inmediata del pseudotallo, la cual descarta la recirculación de agua y nutrimentos de la planta cosechada a los hijos del siguiente ciclo de producción (Belalcázar *et al.*, 1998), pero apoya el enfoque de esta labor hacia el manejo de plagas y enfermedades debido a que evitaría que el pseudotallo sirviese como fuente o reservorio de inóculo de problemas fitosanitarios de importancia económica, como pudrición acuosa del pseudotallo (*Erwinia chrisantemi*) y picudos negro (*Cosmopolites sordidus* germar) y rayado (*Metamasius hemipterus*), y el costo de jornales adicionales. Además el destronque inmediato favorece el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo, mediante una incorporación rápida y mejor distribución de los residuos de la cosecha.

Investigaciones adelantadas por Belalcázar, Bahena y Martínez (1990a), bajo condiciones de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical y bosque húmedo premontano bajo, muestran que destronques practicados en forma gradual o inmediata a la cosecha, no ejercen influencia significativa sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento del ciclo siguiente (Tabla 20). Por tanto, desde un punto de vista práctico y económico lo más aconsejable sería que el destronque se realizara inmediatamente después que se coseche el racimo.

Sin embargo; Rodríguez, Cayón y Mira, (2006), al evaluar, en dos fincas, tres alturas de corte (200, 120 y 0 cm) al momento de la cosecha de la planta madre, en banano clon Gran Enano (Musa AAA Simmonds), obtuvieron que las alturas de corte de 200 y 120 cm (destronque gradual) aumentan la altura y el diámetro del pseudotallo del retoño y disminuye el tiempo hasta la floración, en comparación con los retoños de plantas madres que se les eliminó la totalidad del pseudotallo (destronque inmediato). Además, en las dos fincas donde se desarrollaron los experimentos (Arizona y Paraíso), la altura de corte de 200 cm incrementó significativamente el peso del racimo y número de manos, mientras que la longitud y diámetro de los dedos mostraron ser indiferentes al destronque (Tabla 21).

Tabla 20. Efecto del tipo de destronque sobre los componentes del desarrollo y el rendimiento.

Componentes del desarrollo y producción	Ciclos / Clase de destronque					
	Primero		Segundo		Tercero	
	Inmediato	Gradual	Inmediato	Gradual	Inmediato	Gradual
Altura de la planta (m)	3,44	3,4	4,65	4,6	4,87	4,87
Perímetro del pseudotallo (cm)	59,9	61,4	73,5	73,6	66,5	66,4
Duración de siembra a cosecha (meses)	15,94	16	24,26	24,36	36,12	36,43
Número de manos/racimo	7,14	7,17	7,05	7,08	7,41	7,33
Número de dedos/racimo	53,5	53,2	49,5	49,7	50,4	49,7
Peso del racimo	15,58	15,58	15,49	15,9	16,7	16,76
Producción real de campo (ton/ha)	17,8	18,54	24,12	23,39	19,76	19,13

Fuente: Belalcázar, Bahena y Martínez (1990a).

Tabla 21. Influencia del pseudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano.

Tratamientos	Peso racimo	Número de manos	Longitud dedo	Diámetro dedo
Finca Arizona				
T1 (altura de corte 200 cm)	29,2 A	7,0 a	24,9 A	3,6
T2 (altura de corte 120 cm)	27,2 A	7,0 a	24,3 A	3,6
T3 0 cm	22,8 B	6,0 b	23,2 B	3,5
C.V. (%)	23,7	16,1	5,4	19,5
F (Trat.)	0,03 *	0,02 *	0,01 *	0,56 n.s.
Finca Paraíso				
T1 (altura de corte 200 cm)	39,8 A	9,0 a	24,7	3,5
T2 (altura de corte 120 cm)	34,8 B	8,0 b	24,3	3,5
T3 0 cm	34,1 B	8,0 b	24,3	3,5
C.V. (%)	11	10,6	14,5	18,1
F (Trat.)	0,0005 *	0,005 *	0,69 n.s.	0,92 n.s.

Fuente: Rodríguez, Cayón y Mira, (2006).

Los resultados de este experimento indican que existe una fuerte influencia del pseudotallo de la planta madre sobre el retoño de sucesión, favoreciendo el crecimiento temprano de éste debido al suministro de reservas por parte de esta estructura, lo cual se refleja en el incremento de los rendimientos del segundo ciclo de producción del cultivo de banano.

3. LABORES CULTURALES EN ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS

3.1 Desflore

Consiste en la remoción de los residuos florales, cuando adquieren color carmelita, que quedan en el ápice de los frutos con el fin de evitar los efectos negativos que puedan provocar en la calidad y presentación de la fruto (Ver ANEXO. Fotografía 5), además evita la diseminación de enfermedades transmitidas por insectos y en particular, reduce la incidencia de la enfermedad denominada tabaco o punta de cigarro (*Trachyspaeria fructigena*) (BANACOL, 2000).

Tabla 22. Contribución fisiológica del desmane, desflore y desbacote sobre el llenado y calidad del plátano Hartón (*Musa AAB*) en el Municipio Los Córdoba, Córdoba.

Descripción de tratamientos	Periodo de llenado frutos (días)		Diámetro del fruto (cm)		Longitud del fruto (cm)		Dedos por racimo (cm)		Peso representativo (g)		Peso neto fruto (Kg)		Peso del raquis (kg)		Peso total Racimo (Kg)	
T1 DE	86,3	bc	7,7	bc	27,1	a	36	abc	370	a	13,3	ab	1,2	Cd	14,5	ab
T2 DF	89,3	ab	8,2	ab	26,5	a	37,7	a	335	bc	12,6	b	1	E	13,6	bc
T3 DM	91	a	7,9	abc	26,9	a	33	d	345	b	11,4	cd	1,1	E	12,5	c
T4 DE+DF+DM	89	a	8,3	a	27,2	a	38,7	a	325	c	12,6	b	1,5	B	14	ab
T5 DE+DF	89,7	abc	7,8	abc	26,7	a	36	abc	345	b	12,4	bc	1,7	A	14,2	ab
T6 DE+DM	90,3	a	8,2	ab	27	a	34,3	bcd	327	c	11,2	d	1,2	Cd	12,5	c
T7 DF+DM	86	c	7,4	c	27,8	a	36,7	ab	372	a	13,7	a	1,1	E	14,8	a
T8 Testigo	90	a	7,8	abc	27,5	a	33,7	cd	333	bc	11,2	d	1,3	cd	12,5	c
Tto: Tratamiento; DE: Desbacote; DF:Desflore; DM:Desmane																
Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo al testigo protegido de DMS a nivel del 5%																

Fuente: Jarma *et al.* (2002).

El desflore debe realizarse en forma conjunta con el desmane y el desbacote. Un desflore prematuro o atrasado en su ejecución genera el manchado del fruto con el látex, reduciendo su aprovechamiento. En estas circunstancias es recomendable no efectuarlo. Las flores pueden ser fácilmente removidas entre ocho y 12 días después de la floración. El desflore adelanta la maduración del fruto por varios días y disminuye la incidencia de enfermedades en el ápice del dedo, causadas por *Gloesporium* sp y *Botrydiplochia* sp, reduciendo también los daños a la cáscara (Soto, 2001); Jarma *et al.* (2002), afirman que en plátano Hartón las variables diámetro del fruto, número de dedos por racimo y peso del raquis son beneficiadas por el desflore.

Otras como el período de llenado de frutos, peso del dedo representativo, peso neto de fruto y peso total del racimo se muestran significativamente favorecidas con la ejecución de las labores combinadas desflore y desmane; mientras que la longitud del fruto no responde significativamente a esta labor (Tabla 22).

3.2 Desbacote

El desbacote consiste en eliminar manualmente la bellota o bacota cuando queda al descubierto la última mano, dejando 5 cm de vástago por debajo de la última mano y cuidando que el vástago no se desgarre (Ver ANEXO. Fotografía 6).

La ejecución de esta labor tiene como fin favorecer el desarrollo de la longitud de los frutos, permitiendo que el racimo gane peso y evitando a su vez la diseminación de enfermedades transmitidas por insectos vectores (BANACOL, 2000; Sierra, 1993). En general, los criterios expresados en cuanto al momento en que se debe realizar el desmane son los mismos para el desbacote de tal manera que el desmane y el desbacote son dos labores que se deben hacer simultáneamente. No es conveniente el desbacote tardío ni prematuro (Sierra, 1993). Además, no es recomendable la utilización de herramientas en la ejecución de esta labor debido a que se corre el riesgo de transmitir enfermedades limitantes del cultivo como el Moko. Soto y Monge (1987), recomiendan en banano (*Musa AAA Subgrupo Cavendish "Gran Enano"*), llevar a cabo el desbacote cuatro semanas después de la floración, debido a que se alcanza la menor curvatura de los frutos además de una buena relación entre la pulpa y la cáscara y un bajo peso del raquis del racimo.

Jarma *et al.* (2002) encontraron en plátano Hartón que con el desbacote se logran aumentos en peso neto del fruto y peso total del racimo pero no influye en la longitud del fruto, lográndose reducción en el período de llenado del mismo (Tabla 20). Los mismos autores encontraron que la realización simultánea del desbacote, desmane y desflore permite significativos incrementos en el diámetro del fruto y en el número de dedos por racimo.

3.3 Poda de manos (desmane)

Consiste en eliminar manualmente una o varias manos siguientes a la primera mano incompleta (mano falsa). Se considera como mano incompleta aquella que está conformada por dos o tres frutos pequeños, los cuales no alcanzan un desarrollo normal. Esta labor se debe realizar en forma manual para evitar el uso de herramientas sin desinfectar que puedan transmitir enfermedades como Moko y bacteriosis. Además, se busca una redistribución de los fotoasimilados a las demás manos y obtener un mejor desarrollo en el grado (vitola), longitud de los dedos (especialmente en las manos superiores), peso de los racimos y menor tiempo a madurez fisiológica, incrementando los rendimientos y productividad del cultivo (BANACOL, 2000; Sierra, 1993).

Se realiza a las dos o tres semanas después de la floración, cuando los dedos de la última mano verdadera están en posición paralela al suelo. Otro criterio usado y complementario al anterior es cuando debajo de la mano falsa (mano con flores masculinas y femeninas, que limita las flores femeninas) haya por lo menos dos manos masculinas (manos con dedos no comerciales o flores pequeñas). Se eliminan las manos apicales que generalmente no cumplen con las especificaciones del largo

del dedo exigidas en los mercados para frutas de exportación. Las opciones son: poda de la mano falsa más una, más dos o más tres manos verdaderas, dependiendo de las circunstancias en cuanto a cantidades de fruta de primera y segunda calidad que se esté exportando, características propias de la plantación, tipo de suelo y consecuente tamaño del racimo, condiciones climáticas, entre otros (Sierra, 1993).

En las investigaciones sobre la influencia del desmane en diferentes especies de musáceas se plantean muchas controversias sobre los beneficios de esta labor. Al eliminar la mano falsa más una y compararla con un testigo sin desmanar, en el caso del banano, las manos de los racimos desmanados tienen menor peso que en aquellos provenientes de racimos enteros. En términos absolutos, las mayores desigualdades en cuanto al peso se observan en las manos superiores, en los racimos con siete a nueve manos, mientras que en los de 10 y 11 manos, esta disparidad es menor; en términos relativos; la diferencia promedio en peso para todas las manos alcanza 11,5%, 6,6%, 5,0% y 1,5% en los racimos con 7, 8, 10 y 11 manos, respectivamente. Meyer (1975) concluye en su estudio en banano que la remoción de dos manos además de la mano falsa, incrementó la producción de fruta en mayor grado pero no compensó la pérdida de peso del racimo. Arcila *et al.* (2002) reportan un efecto positivo de la labor de desmane sobre la calidad y producción de los frutos del híbrido de plátano FHIA 21 (*Musa AAAB*); los racimos del híbrido sin desmanar producen frutos que clasifican para una segunda calidad, mientras que cuando se practica el desmane, a los 20 días después de floración y se dejan entre cuatro a seis manos por racimo, se consiguen los mayores beneficios para el productor representados en frutos con mayor peso y de primera calidad, ya sea para consumo fresco o para la agroindustria.

Tabla 23. Peso y número de frutos (media \pm error estándar) en racimos de plátano FHIA 21 (*Musa AAAB*) para tres intensidades de desmane.

ID	N	Peso (kg) de racimo	Frutos por racimo
0	10	20,37 \pm 2,54	93,4 \pm 6,87
1	10	18,86 \pm 5,65	84,4 \pm 9,63
2	10	16,42 \pm 1,44	73,2 \pm 6,53
3	10	13,98 \pm 2,86	66,8 \pm 7,59
Pr>F		0,051	0,0001
ID: Intensidad de desmane (0 = racimo completo; 1 = racimo con seis manos; 2 = racimo con cinco manos; 3 = racimo con cuatro manos) N: Número de observaciones.			

Fuente: Delgado *et al.* (2002).

Delgado *et al.* (2002), afirman que el peso y el número de frutos por racimo del híbrido de plátano FHIA 21 fueron afectados de manera lineal por los tratamientos de desmane (Tabla 23); los mayores valores de número de frutos y peso del racimo fueron obtenidos en los racimos donde no se efectuó la eliminación de manos

verdaderas, evidenciando además ausencia de efecto de las intensidades de desmanes evaluadas sobre las dimensiones del fruto (longitud y diámetro). Este último resultado concuerda con los de Vargas *et al.* (1999), en plátano Falso Cuerno, quienes concluyeron que la variación en las dimensiones de los frutos de las manos superiores, con respecto a las manos inferiores, no es afectada por el desmane. Sin embargo, el desarrollo de los frutos, independiente de la posición en el racimo, estaría más determinado por factores de clima, suelo y manejo y no por las remociones de las manos, en contraposición a los resultados de Rivera *et al.*, (1996) en plátano FHIA 21; Rodríguez y Rodríguez, (2001) en plátano Falso Cuerno, e Irizarry *et al.* (1991).

El desbacote incrementa el peso del racimo, obteniéndose una mejor respuesta en el clon tipo French que en los tipos Horn y French x Horn. También el desbacote y desmane permite convertir el racimo del tipo French en un tipo French x Horn con seis manos, o bien en un tipo Horn con cuatro manos. Por otro lado, la práctica del desmane solo se justifica realizarla en los clones o híbridos tipo French, más no en los clones tipos French x Horn o Horn.

Tabla 24. Efectos del desmane sobre las características productivas del plátano Dominio–Hartón.

ID	N	Peso (kg) de racimo	Frutos por racimo
0	10	20,37 ± 2,54	93,4 ± 6,87
1	10	18,86 ± 5,65	84,4 ± 9,63
2	10	16,42 ± 1,44	73,2 ± 6,53
3	10	13,98 ± 2,86	66,8 ± 7,59
Pr>F		0,051	0,0001
ID: Intensidad de desmane (0 = racimo completo; 1 = racimo con seis manos; 2 = racimo con cinco manos; 3 = racimo con cuatro manos) N: Número de observaciones.			

Fuente: Quintero y Aristizábal, (2003)

En plátano Hartón las investigaciones sobre la influencia del desmane y su interacción con otras labores concluyen que las dimensiones del fruto como longitud y diámetro del mismo no son afectadas por el desmane (Jarma *et al.*, 2002), sin embargo; el diámetro del fruto es favorecido de manera significativa al ejecutar el desmane conjuntamente con el desbacote y desflore (Tabla 25). Similar respuesta se encontró en el número de dedos por racimo. Otros parámetros de producción como el porcentaje de llenado de frutos, peso total del racimo, peso del dedo representativo, peso neto de fruto y peso del raquis no mostraron ser influenciados por el desmane, al ser comparados con los valores obtenidos al no realizar ninguna labor (testigo). Sin embargo, se destaca la combinación de las labores de desmane y desflore, las cuales presentaron un comportamiento modal y sobresaliente y significativamente a favor sobre estos parámetros. Barrera *et al.* (2006), encontraron resultados similares al evaluar diferentes intensidades de desmane en plátano Hartón en San Juan de Urabá (Antioquia), donde igualmente la longitud del fruto es indiferente a esta labor; mientras que el diámetro del fruto se incrementó significativamente en forma lineal a las

intensidades de desmanes evaluadas (Tabla 25). El número de dedos por racimo fue influenciado por esta labor; presentando los mayores valores significativos en aquellos en donde no se efectuó eliminación de manos verdaderas. Los pesos bruto y neto del racimo no se afectaron significativamente por la labor de desmane y sus diferentes intensidades (Tabla 24).

Tabla 25. Contribución fisiológica del desmane, desflore y desbacote sobre el llenado y calidad del plátano Hartón (Musa AAB) en el Municipio Los Córdoba, Córdoba.

Descripción de tratamientos	Período de llenado frutos (días)		Diámetro del fruto (cm)		Longitud del fruto (cm)		Dedos por racimo (cm)		Peso representativo (g)		Peso neto fruto (Kg)		Peso del raquis (kg)		Peso total Racimo (Kg)	
T1 DE	86,3	bc	7,7	bc	27,1	a	36,0	abc	370	a	13,3	ab	1,2	Cd	14,5	ab
T2 DF	89,3	ab	8,2	ab	26,5	a	37,7	a	335	bc	12,6	b	1,0	E	13,6	bc
T3 DM	91,0	a	7,9	abc	26,9	a	33,0	d	345	b	11,4	cd	1,1	E	12,5	c
T4 DE+DF+DM	89,0	a	8,3	a	27,2	a	38,7	a	325	c	12,6	b	1,5	B	14,0	ab
T5 DE+DF	89,7	abc	7,8	abc	26,7	a	36,0	abc	345	b	12,4	bc	1,7	A	14,2	ab
T6 DE+DM	90,3	a	8,2	ab	27,0	a	34,3	bcd	327	c	11,2	d	1,2	Cd	12,5	c
T7 DF+DM	86,0	c	7,4	c	27,8	a	36,7	ab	372	a	13,7	a	1,1	E	14,8	a
T8 Testigo	90,0	a	7,8	abc	27,5	a	33,7	cd	333	bc	11,2	d	1,3	cd	12,5	c
Tto: Tratamiento; DE: Desbacote; DF:Desflore; DM:Desmane Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo al testigo protegido de DMS a nivel del 5%																

Fuente: Jarma et al. (2002).

3.4 Embolse

Esta labor tiene como fin proteger el racimo, mediante el uso de una bolsa de polietileno, del ataque de insectos plaga del fruto (*Colaspis* spp, *Trigona* sp, *Caterpillar* sp y *Thrips* spp), reducir los efectos abrasivos causados por los productos químicos y daños relacionados con raspones, quemaduras en el pericarpio por el roce de las hojas dobladas, puntales y proceso de corte y acarreo (Vea ANEXO. Fotografía 7). Para ejecutar esta labor se procede a amarrar la bolsa por encima de la cicatriz dejada por la placenta (bráctea que cubre la inflorescencia) recogiénola uniformemente; al mismo tiempo se debe desviar la hoja corbata (hoja adyacente a la inflorescencia) hacia atrás y cortar secciones de hojas que puedan afectar la calidad del racimo. Es importante que la bolsa no quede doblada sobre la bellota o el racimo para evitar daños en la formación del racimo o dedos, por fricción.

El embolse se puede realizar en dos estados de desarrollo del racimo: prematuro y presente.

- **Prematuro:** Se realiza cuando han abierto máximo dos brácteas en la bacota y se recomienda para zonas con presiones altas de insectos, especialmente

Colaspis sp, que afectan los frutos en estados tiernos (Vea ANEXO. Fotografía 8).

- **Presente:** Se realiza, como máximo, cuando la última mano completa del racimo presenta una posición paralela con respecto a la superficie del suelo. Este embolse está restringido a áreas con plantas de buen número de hojas funcionales y baja presión de insectos plaga del fruto (BANACOL, 2000).

3.5 Tipos de bolsa

- **Poly-D Pin Hole:** Impregnada del insecticida Clorpirifos para repeler el ataque de los insectos.
- **Tree Bags:** Bolsa transparente empleada para proteger, al igual que otras bolsas, de los efectos abrasivos causados por las hojas, productos químicos, cambios bruscos de temperatura y, al parecer, crear un microclima que reduce el intervalo de tiempo entre la floración y la cosecha y favorecer algunas características de los frutos.
- **Poly-D Pin Hole lechosa:** Por lo general se colocan en épocas de bajas precipitaciones para evitar la incidencia directa de los rayos solares, principalmente a orillas de canales y cables.

Tabla 26. Contribución del desmane y embolse del racimo sobre la producción del plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia).

Descripción de tratamientos		Peso bruto del racimo (kg)	Peso neto del racimo (kg)	Número de dedos	Floración – Cosecha (días)
Tratamiento	N. T.	V. E.	V. E.	V. E.	V. E.
T1	Testigo	11,9	11,0	33,5 ab	72,8
T2	E	10,9	10,0	38,4 ab	67,7
T3	D1 x E	11,8	10,9	30,2 b	69,8
T4	D2 x E	12,2	11,4	36,6 ab	69,3
T5	D3 x E	10,9	9,9	30,6 b	70,9
T6	D1	8,6	7,5	33,7 ab	72,7
T7	D2	11,6	10,6	34,9 ab	69,4
T8	D3	9,7	9,0	30,9 ab	69,8
T9	D x E	11,8	10,8	39,9 a	73,4
T10	D	12,6	11,6	38,8 ab	72,0
Promedio General		11,1	10,2	34,7	70,7
C.V (%)		16,2	16,9	8,8	4
F (Tratamiento)		n.s.	n.s.	**	n.s.
N.T.: Nomenclatura de tratamiento (Testigo: sin labor; E: Embolse; D: Desmane; D1, 2 y 3: Desmane + eliminación de manos verdaderas 1, 2 y 3 respectivamente; Dn x E: Interacción de labores). V.E. : Valor estadístico					

Nota: Promedios con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes, según la prueba Tukey (P<0,05)

* Prueba F significativa (P<0,05)

** Prueba F altamente significativa (P<0,01)

Fuente: Barrera *et al.* (2006).

Tabla 27. Contribución del desmane y embolse del racimo sobre la calidad del plátano Hartón (Musa AAB Simmonds) en el municipio de San Juan de Urabá – Antioquia.

Descripción de tratamientos		Longitud externa del fruto (cm)	Diámetro externo de fruta (cm)	Fruta limpia (%)	Fruta exportable (%)
Tratamiento	N. T.	V. E.	V. E.	V. E.	V. E.
T1	Testigo	27,4	4,4 Bc	73 Bc	78,7 a
T2	E	27,4	4,4 C	94 A	56,5 ab
T3	D1 x E	28,7	4,4 Abc	88 Ab	70,0 a
T4	D2 x E	27,7	4,5 Abc	90 A	50,6 ab
T5	D3 x E	27,4	4,7 A	97 A	75,5 a
T6	D1	25,4	4,5 Abc	76 Bc	35,0 b
T7	D2	27,4	4,7 A	69 C	56,0 ab
T8	D3	27,7	4,7 A	66 C	51,0 ab
T9	D x E	27,4	4,3 C	84 Ab	69,0 ab
T10	D	27,4	4,4 Bc	69 C	65,0 ab
Promedio General		10,8	26,6	80	60,3
CV (%)		4,2	4,5	13,5	17,4
F (Tratamiento)		n.s.	**	**	**
N.T.: Nomenclatura de tratamiento (Testigo: sin labor; E: Embolse; D: Desmane; D1, 2 y 3: Desmane +eliminación de manos verdaderas 1, 2 y 3 respectivamente; D x E: Interacción de labores). V.E. : Valor estadístico					

Nota: Promedios con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes, según la prueba Tukey (P<0,05)

* Prueba F significativa (P<0,05)

** Prueba F altamente significativa (P<0,01)

Fuente: Barrera *et al.* (2006).

Las bolsas vienen precortadas o en rollos para ser cortadas en el campo, de acuerdo con el tamaño de la bacota.

Además, se le atribuyen al embolse otros beneficios como:

- Protección contra cambios bruscos de temperatura.
- Mejoramiento de la apariencia del fruto en cuanto a coloración y brillo.
- Contribución al desarrollo en cuanto al largo y grado de los frutos, principalmente los de la primera mano.
- Reducción del periodo de floración a cosecha.

Sobre los beneficios atribuidos a los embolses mencionados anteriormente Soto (1992) cita diversos autores como Perumal y Adam (1968), Lara (1970), Heenan (1973) y Ganry (1975) cuyas investigaciones respaldan que la labor de embolsar reduce el período de floración a cosecha. Mientras que Berril (1956) y Bond (1977) afirman incrementos en el peso del racimo. Cann (1965), Turner (1970), Sampaio y Simao (1970) señalan incrementos en la cosecha. Lara (1970) reporta efectos positivos del embolsar sobre el largo de los frutos y calibraciones más altas sin riesgo de maduración. También se han observado resultados satisfactorios sobre la calidad de la fruta debido a la reducción de daños en la cáscara por insectos, hongos, aves, acción abrasiva de las hojas, maltrato, resistencia de la cutícula de los frutos a la ruptura por presión y manchas (Lara, 1970; Heenan, 1973; Bond, 1977; Ittyeipe, 1978).

Barrera et al. (2006), evaluaron la contribución del embolsar sobre la producción y calidad del plátano Hartón en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia), concluyendo que esta labor no contribuye significativamente a la reducción del período de llenado del racimo y la ganancia en la longitud del fruto (Tablas 26 y 27), pero sí influye en la calidad y porcentaje de fruta limpia, ya que evita cicatrices provenientes de roces físicos, golpe de sol, daños de insectos plaga del fruto y, por ende, habrá un mayor aprovechamiento de la fruta para exportación. De igual forma anotan que para los mercados nacionales no es recomendable la implementación de dicha práctica, pues las exigencias de calidad son mínimas y se sumaría un costo más para el sostenimiento del cultivo y, además, el precio del plátano en los mercados internos es muy fluctuante.

3.6 Encintado

Es una práctica opcional y sólo para cultivos tecnificados. Se realiza amarrando semanal o quincenalmente al racimo recién formado una cinta plástica de un color determinado para conocer la edad, época de cosecha, cantidad de fruto a cosechar e identificar pérdidas. De esta forma se permite programar el corte de todos los racimos marcados con el mismo color. El encintado se realiza, por lo general, simultáneamente con el embolsar, y las cintas se pueden amarrar a la bolsa o al pseudotallo; en la cosecha hay que asegurar el retiro del lote de las cintas usadas porque la acumulación de plásticos no degradables trae impactos negativos al medio ambiente y afecta irreversiblemente las propiedades del suelo.

Existen dos métodos para encintar el racimo:

- **En prematuro:** Corresponde a los racimos (bacotas) “recién paridos”, o sea, desde que emerge la bacota hasta tres brácteas abiertas.
- **En presente:** Corresponde a los racimos que ya pasaron su primera semana, o sea, desde cuatro brácteas abiertas hasta la apertura de la última mano.

Tabla 28. Ejemplo de inventario según el color de la cinta

Mes	Periodo	Semana							Mes	Periodo	Semana							Mes	Periodo	Semana																						
		D	L	M	M	J	V	S			D	L	M	M	J	V	S			D	L	M	M	J	V	S																
ENERO	1	1			1	2	3	4	5	JUNIO	6	22							1	SEPTIEMBRE	9									MES	Periodo	Semana										
		2	6	7	8	9	10	11	12			23	2	3	4	5	6	7	8			37	8	9	10	11	12	13	14													
		3	13	14	15	16	17	18	19			24	9	10	11	12	13	14	15			38	15	16	17	18	19	20	21													
		4	20	21	22	23	24	25	26			25	16	17	18	19	20	21	22			39	22	23	24	25	26	27	28													
		5	27	28	29	30	31					26	23	24	25	26	27	28	29			40	29	30																		
		5							1			2	27																													
		6	3	4	5	6	7	8	9													41	6	7	8	9	10	11	12													
FEBRERO	2	7	10	11	12	13	14	15	16	JULIO	7	27								OCTUBRE	10									MES	Periodo	Semana										
		8	17	18	19	20	21	22	23			29	14	15	16	17	18	19	20			42	13	14	15	16	17	18	19													
		9	24	25	26	27	28					30	21	22	23	24	25	26	27			43	20	21	22	23	24	25	26													
		9							1			2	31																													
		10	3	4	5	6	7	8	9			31							1			2	3	45	3	4	5	6	7				8	9								
		11	10	11	12	13	14	15	16														46	10	11	12	13	14	15				16									
		11	17	18	19	20	21	22	23			32	4	5	6	7	8	9	10			47	17	18	19	20	21	22	23													
MARZO	3	13	24	25	26	27	28	29	30	AGOSTO	8	33	11	12	13	14	15	16	17	NOVIEMBRE	11									MES	Periodo	Semana										
		14	31									34	18	19	20	21	22	23	24			48	24	25	26	27	28	29	30													
		14		1	2	3	4	5	6			35	25	26	27	28	29	30	31			49	1	2	3	4	5	6	7													
		15	7	8	9	10	11	12	13													50	8	9	10	11	12	13	14													
		16	14	15	16	17	18	19	20													51	15	16	17	18	19	20	21													
		17	21	22	23	24	25	26	27																																	
		18	28	29	30																	1	29	30	31																	
ABRIL	4	18				1	2	3	4	SEPTIEMBRE	9									DICIEMBRE	12									MES	Periodo	Semana										
		18																				1				1	2	3	4													
		19	5	6	7	8	9	10	11													2	5	6	7	8	9	10	11													
		19																				3	12	13	14	15	16	17	18													
		20	12	13	14	15	16	17	18													4	19	20	21	22	23	24	25													
		21	19	20	21	22	23	24	25													5	26	27	28	29	30	31														
		22	26	27	28	29	30	31																																		
MAYO	5									OCTUBRE	10									ENERO	1									MES	Periodo	Semana										
																						5	5																			

Fuente: C.I. SUNISA S.A. (2002).

Es necesario recomendar que al momento de realizar el encintado la persona encargada de la labor lleve la cinta correspondiente a la semana actual y también cierta cantidad de cinta de la semana anterior, con el fin de encintar aquellos racimos que por alguna razón no se identificaron en la semana anterior. Para llevar un inventario de frutos se requiere mantener un control estricto sobre las cantidades de cintas colocadas en el campo, reportando oportunamente la pérdida de plantas debidas a los cortes, enfermedades y tumbas por vientos. La Tabla 28 ilustra un ejemplo de la información mínima que debe contener un buen inventario de racimos encintados.

Nótese que, desde la semana uno del mes de enero hasta la semana ocho de febrero, se aplican colores diferentes a los racimos que son encintados en semanas consecutivas y representan distintos estados de desarrollo de los racimos: el color blanco (semana 8) representa un racimo en estado de bellota, mientras que el color azul (semana 1) indica un racimo próximo a cosecha. De manera reiterativa se repite la secuencia de colores. La confiabilidad del inventario dependerá del control sobre la cantidad de cintas colocadas en el campo y de la claridad con que se reporten los racimos cortados para embarque y los racimos no utilizados para embarque (novedades), como racimos caídos, racimos rechazados en empacadora, racimos que provienen de plantas con menos de cinco hojas funcionales, entre otros (UNIBAN, 1998).

4. MANEJO DE ARVENSES CON COBERTURAS VEGETALES

4.1 Coberturas vegetales

El cultivo de coberturas es definido como: “cobertura vegetal viva que cubre el suelo y puede ser temporal o permanente, el cual es cultivado en asociación con otras plantas intercaladas, en relevo o en rotación” (Pound, 1997).

Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas. Los términos: “cultivos de cobertura” y “abono verde” se han usado en el pasado como sinónimos, sin embargo, los cultivos de coberturas están caracterizados por sus funciones más amplias y multipropósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado (Pound, 1997).

Pinilla y García (2001), señalan que los cultivos de cobertura, consisten en la siembra de plantas anuales o perennes de sistemas radicales y foliares densos, que se intercalan con el cultivo principal para lograr la completa cobertura del suelo e impedir el desarrollo de arvenses. Sirven para proteger el suelo de la acción directa de las lluvias y mejoran sus condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo principal, aumentando el contenido de materia orgánica, y si son leguminosas fijando nitrógeno atmosférico. En las plantaciones bananeras se pueden utilizar, como coberturas vegetales, especies forrajeras tropicales como: Centrosema, Siratro, Clitorea Tematea, Soya y Maní forrajero, inoculadas con cepas de Rhizobium que activan el proceso de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico.

Estas plantas pueden podarse periódicamente para que se composten sobre la superficie, incorporando materia orgánica y nutrientes al suelo (Pinilla y García, 2001).

4.1.1 Funciones de las coberturas vegetales

Pound (1997), señala de manera amplia las siguientes funciones:

- Reducción de costos: disminución de insumos externos, como herbicidas y fertilizantes y, de mano de obra en el control manual de las malezas.
- Generación de ingresos por la venta de semillas y forraje.
- Incremento de la productividad del cultivo, como consecuencia del aumento de la fertilidad del suelo, la reducción de la competencia con las malezas e incremento de la infiltración de agua.
- Producción de alimento para animales y para la alimentación humana.
- Reducción de residuos de agroquímicos.
- Reducción de pérdidas de suelos por erosión y de la fertilidad de los mismos por prácticas inadecuadas como la quema.

4.1.2 Ventajas de las coberturas vegetales

Pound (1997), resume las ventajas de los cultivos de cobertura:

- **Bajo costo:** Una vez que las semillas están disponibles y pueden ser provistas por el agricultor, su costo es menor, de esta manera, los cultivos de cobertura pueden sustituir a los insumos externos tales como herbicidas y fertilizantes.
- **Simplicidad:** No hay necesidad de conocimiento o herramientas sofisticadas.
- **Bajo riesgo:** El tamaño grande de las semillas de muchas especies (Canavalia, Mucuna y Vicia faba, entre otras, facilita la siembra y reduce los riesgos de establecimiento.
- **Versatilidad:** Las especies tienden a tener un rango ecológico bastante amplio, *Canavalia ensiformis* es un buen ejemplo, ya que prospera en condiciones húmedas o semiáridas y a pleno sol y sombra parcial.
- **Competitividad:** Pese a que las especies varían en su vigor, característica que permite su selección de acuerdo al nivel de competitividad requerida, algunas especies *Pueraria phaseoloides*, *Mucuna pruriens*, *Calopogonium mucunoides*, son excepcionalmente buenas para competir con malezas agresivas como *Imperata cylindrica* y *Rottboellia cochinchinensis*.
- **Variabilidad:** Existe un amplio rango del cual escoger la mejor combinación de características, por ejemplo, en cuanto a duración, puede ser estacional o perenne (*Cajanus cajan*); por el hábito de crecimiento: postrado (*Arachis pintoii*), erecto (*Crotalaria juncea*) y trepador (*Vigna unguiculata*); por el vigor (tasa de crecimiento), de muy vigorosa a crecimiento lento; por tolerancia a condiciones adversas extremas: frío, calor, sequía, inundación; en cuanto a resistencia a plagas se ha observado que el daño causado por insectos es generalmente limitado.

4.1.3 Desventajas

Pound (1997), plantea las siguientes desventajas de los cultivos de cobertura:

- Alta necesidad de manejo para prevenir la competencia entre la cobertura vegetal y el cultivo. Por ejemplo, en el sistema Macana – maíz o en el sistema Kudzu tropical – palma aceitera, en casos extremos, puede llevar a que el cultivo de coberturas sea clasificado como maleza.
- Requerimientos altos de mano de obra para el establecimiento y el corte del cultivo de cobertura aumentando los costos de producción.
- Presencia de ratas y serpientes venenosas en el cultivo de cobertura.
- En algunas situaciones, el cultivo de cobertura, podría contribuir a problemas de plagas o enfermedades en el cultivo principal. Por ejemplo, *Cajanus cajan* y *Lupinus angustifolius*, no deberían ser cultivados antes de la soya en el sur de Brasil, debido a que incrementan la probabilidad del chancro del tallo. En otros casos, podría haber peligro de que el cultivo de cobertura actúe como huésped alternante de insectos plagas.
- Ciertas especies, podrían tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente.

- Cultivos de cobertura con especies no leguminosas que son incorporados como abono verde, podrían tener altas producciones de C/N como para reducir la absorción de nitrógeno por el cultivo siguiente.

-

4.1.4 Usos de los cultivos de cobertura

Los sistemas de cobertura, se prestan para sistemas de bajos insumos externos y en situaciones donde varias limitantes pueden ser solucionadas a la vez por el cultivo de cobertura, por ejemplo: Baja fertilidad del suelo, alta infestación de malezas y severa erosión del suelo.

Los cultivos de cobertura requieren tecnología fácil de diseminar, necesitando únicamente un puñado de semillas y algún conocimiento para difundirlas de lugar a lugar. En muchas situaciones y particularmente en centro y sur América, la diseminación ha sido por medio de agricultor a agricultor con más ayuda de las ONG, que por los servicios de extensión del gobierno. El conocimiento local, da confianza para experimentar y su implicación en la distribución de semillas, ha sido efectiva en la diseminación de la tecnología a través del movimiento campesino – campesino (Pound, 1997).

Los cultivos de cobertura, protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales por medio de sus raíces a las capas sub–superficiales, conduciendo a más altas tasas de infiltración (Pound, 1997) y agregados más estables al agua. Se cita la aireación mejorada como la causa de los efectos benéficos de *Calopogonium caeruleum* sobre las raíces de las plantas de goma; sin embargo, bajo condiciones más secas podría desarrollarse una competencia por agua y consecuentemente una cobertura viva podría ser menos benéfica que una muerta (Pinilla y García, 2002).

El laboreo biológico por medio de los cultivos de cobertura como Alfalfa (*Medicago sativa*), Guandul (*Cajanus cajan*), Caupi (*Vigna unguiculata*), Tobiata (*Panicum maximum* var. *tobiata*), Centenario (*Panicum maximum* var. *centenario*), Brizantha (*Bachiaria brizantha*) y Centrosema (*Centrosema molle* Mart. ex Benth), los cuales tienen raíces que son capaces de penetrar el subsuelo compactado, puede afectar significativamente la infiltración de agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona (Pinilla y García, 2002).

Es pertinente mencionar el caso de plantaciones que tienen prácticas de control de malezas basadas en la utilización de machete o guadaña, que sin duda, es una forma de hacer cobertura (protección del suelo), pero no puede ser considerado como un cultivo de cobertura, ya que en realidad lo que se establece, es un complejo indiscriminado de arvenses de hojas angostas y anchas con una depresión más significativa de primer grupo. Sin embargo, es muy común que la gente asocie esta práctica con la denominación general de cobertura, sin considerar que existen otras alternativas que cumplen funciones similares. El grado de competencia de este tipo de cobertura con el cultivo (competencia por nutrientes principales), dependerá de qué tan cuidadoso sea su manejo por parte del productor. De allí que un manejo inadecuado se traducirá de forma variable en una baja sensible en los rendimientos (Pinilla y García, 2002).

4.2 Protección con malezas nobles

La protección con malezas nobles o benéficas, es considerada una forma de controlar la proliferación de malas hierbas y el efecto de su interferencia, además de otros propósitos como el de control de la erosión, el mejoramiento de la fertilidad, las condiciones físicas del suelo y ser fuente de alimento y refugio de la fauna benéfica (Pinilla y García, 2002).

Hoy en día, las malezas son consideradas por su arquitectura radical como un agente de estructuración y aireación, así como reservorio de nutrimentos en el mediano y largo plazo.

Una cobertura de malezas entre 40 a 70% del suelo, ayuda a retener y reducir la lixiviación de nitratos, Ca^{++} y K^+ , entre un 40 y 58%, aproximadamente. El ion nitrato fue más claramente retenido, mientras que la retención del K^+ fue difícil de apreciar (Soto, 2001).

Con relación a la conservación de la humedad del suelo, se debe valorar la asociación que existe entre la presencia de la cobertura vegetal viva y la formación de un fenómeno climático conocido como "rocío" (película delgada o gotas de agua líquida sobre la superficie). El rocío se forma de manera general cuando en la noche, al bajar la temperatura, el vapor del agua se sobresatura. De igual manera, la misma cantidad de vapor de agua, horas antes, durante el día, cuando la temperatura es más alta, no alcanza a condensarse. Esta asociación permite que la cobertura intercepte la humedad generada y la ponga a disposición del cultivo, no dejando que se pierda la evaporación, o al menos una parte. La intensidad del fenómeno es difícil de valorar, no obstante, debe resultar de gran importancia en las épocas de verano (Pinilla y García, 2002).

En el sistema de alto rendimiento, caso del cultivo del banano, los requerimientos nutricionales se satisfacen mediante fertilización intensiva. De igual manera, la aplicación de pesticidas protegen a las plantas de patógenos y malezas, puesto que el banano se cultiva usualmente en áreas húmedas, cuyas precipitaciones anuales exceden la evaporación potencial. Se podría esperar una alta pérdida de fertilizantes y plaguicidas, debido a escorrentías y a infiltración. Existen pocos datos experimentales disponibles sobre la determinación de cantidades de fertilizantes y plaguicidas que se pierden por escorrentía y lixiviación, y su impacto bajo la contaminación de las aguas y suelos. La reflexión anterior, destaca la notable influencia que podría tener la cobertura vegetal en los ecosistemas bananeros (Pinilla y García, 2002).

El uso de plantas de cobertura resulta muy recomendable para el cultivo de banano, pero sólo unas pocas plantaciones lo han implementado. La experiencia muestra que el banano no es afectado por la competencia de malezas de hoja ancha, especialmente si son leguminosas (Soto, 2001).

Referencias de hace 30 años, ya hablaban de la importancia de este tema, autores como Osborne, citado por Simmonds (1973), mencionan que *Bidens pilosa*, fructifica libremente en los bananales de Jamaica, así como varias especies de *Commelina*. Estas son por lo general tolerantes a la sombra y se propagan fácilmente por estolones, lo que las hace apropiadas para este fin. Sin embargo, *Commelina diffusa* y *Commelina elegans*, son hospederas del nemátodo *Rotylenchus* spp, en las islas Windward (Chambers, 1970) y del virus del banano en Puerto Rico (Soto, 2001).

En las Bananeras de Urabá, existen más de 120 especies de arvenses;

aproximadamente 8% de estas especies, son consideradas nobles o benéficas. El uso de especies de cobertura puede ser una herramienta muy útil para este propósito de manejo, siempre y cuando se tengan en cuenta las condiciones mínimas necesarias para que una especie pueda ser considerada como benéfica en una asociación cultivo–cobertura, es decir, para que esto sea posible, la arvense debe reunir las siguientes características:

- Bajo grado de competencia (luz y nutrientes).
- Bajo consumo de agua.
- Especies vegetales de crecimiento rastrero o de porte inferior a 20 cm.
- Sistema radical ralo y superficial.
- Especies no reportadas como hospedero de plagas y enfermedades.
- Buena capacidad de cubrimiento y dominancia poblacional.
- No presentar efectos alelopáticos negativos asociados.

Adicionalmente a las características anteriores la arvense debe poseer uno o más de los siguientes atributos:

- Tolerantes al paso de peatones.
- Tolerantes a la sombra.
- Tolerantes a la sequía y a las condiciones de encharcamiento.
- Mediana o baja susceptibilidad a los herbicidas utilizados comúnmente en la zona.
- Alta producción de estructuras florales (alimento fauna benéfica).
- Alta producción de semilla y propágulos vegetativos.
- Facilidad de propagación sexual y vegetativa (no expresar condición de dormancia).
- Dominancia poblacional alta, preferiblemente frente a las malezas de hoja angosta (Gramíneas y Ciperácea.)

4.3 Tipos de coberturas

Dependiendo de la diversidad y la clase de especies presentes, las coberturas vegetales con plantas nobles se pueden agrupar en dos tipos:

4.3.1 Monocoberturas

Se asigna esta definición, cuando la cobertura natural establecida está dominada por una sola especie. A nivel de campo, en Urabá–Colombia, se encuentran monocoberturas, con las especies *Callisia cordifolia*, *Selaginella* sp, *Vigna peduncularis*, *Geophila repens*, *Geophila macropoda* y *Melothria guadalupensis*, entre otras. Su establecimiento se ve favorecido por la presencia natural de las malezas al interior de la plantación, así mismo, por prácticas como el encamellone de los residuos de las cosechas y aplicaciones de herbicidas en forma dirigida, con los equipos convencionales de aplicación. El “Sector de arvenses” es un implemento muy utilizado por algunas fincas adscritas a C.I. Unibán S.A.

Pinilla y García (2002), reportan que Cenicafé – Colombia desarrolló un equipo para la aplicación de herbicidas con el fin de ser utilizado en el manejo

integrado de malezas. El equipo es económico, sencillo, práctico, liviano, eficiente y de fácil construcción por el agricultor, permite utilizar de forma oportuna las coberturas nobles, únicamente deslizando suavemente el aplicador sobre las malezas agresivas. Se debe utilizar únicamente herbicidas sistémicos como el glifosato, que al tocar el follaje de la maleza se desplaza dentro de la planta hasta el sistema radical.

Algunas arvenses benéficas, por sus hábitos de crecimientos tan agresivos, no necesitan que los residuos de cosechas sean encamellonados o amontonados, para favorecer el incremento de sus poblaciones, este es el caso de la *Vigna peduncularis* (Frijolillo). Es trascendental aclarar, que el encamellone de los residuos vegetales, no es una práctica rígida, ya que el agricultor puede adoptar por mezclar la maleza benéfica y los residuos vegetales, sin encamellonar estos últimos, lo importante es mantener la superficie del suelo permanentemente cubierta. Con el tiempo, las aplicaciones de herbicidas se pueden reducir significativamente hasta 100%, si se da la transición al control mecánico y manual, siempre que las malezas establecidas así lo permitan (Pinilla y García 2002).

Una percepción con respecto al adicionar *Vigna peduncularis* con su otra arvense de comportamiento similar, llamada *Melothria guadalupensis*, es que estas especies, a pesar de su hábito rastrero, desarrollan también hábito trepador que comprometen el área de plateo de la planta, afectando de esta manera las labores de fertilización y desmache e igualmente el crecimiento del puyón.

Esta situación viene siendo solucionada con una limpieza manual de la base de la planta; en ocasiones se aplican herbicidas selectivos en esta área o se aprovechan las labores con el Hércules para eliminar la flora existente en dicho sector. Las medidas anteriores citadas, también son implementadas para todo tipo de arvenses que invaden el área mencionada. Es primordial anotar que el pago establecido para las labores de control químico o mecánico de malezas, se transformará con el paso de los días en una retribución por el mantenimiento de la unidad de producción (caciqueo o plateo) (Pinilla y García, 2002).

Uno de los mecanismos más factibles para incrementar las poblaciones de malezas benéficas por parte de los agricultores, es la colecta manual de semillas y estructuras vegetativas, para su posterior siembra en campo (Pinilla y García, 2002).

Murdannia nudiflora (piñita), es apreciada en algunas fincas como cobertura, tiene el inconveniente de ser hospedero del gusano raspador de la fruta llamado caterpillar (*Ecpantheria* sp, Lepidóptera: Arctiidae), sin embargo, su potencial como arvense benéfica, parece ser bastante grande (Pinilla y García, 2002).

Por vía sexual (semilla) se pueden propagar, entre otras, las siguientes especies: *Vigna peduncularis*, *Teramnus volúbilis*, *Geophila repens*, *Geophila macropoda* y *Melothria guadalupensis* y por vía vegetativa: *Callisia cordifolia*, *Selaginella* sp, *Geophila repens* y *Geophila macropoda*. Con respecto a la propagación por semilla, la mayoría de los investigadores en esta área, concuerdan en que las malezas no deben cubrirse con el suelo (Pinilla y García, 2002).

Siembras hechas en plantaciones de banano en Urabá, con semillas de las especies *Vigna peduncularis*, *Geophila repens* y *Geophila macropoda*, han

presentado bajos porcentajes de germinación, situación que parece estar asociada a una condición de dormancia o heteroblastia, igualmente, se ha percibido en siembras realizadas con la leguminosa herbácea *Arachis pintoi* (Maní forrajero), aunque el “mani” presenta porcentajes de germinación más altos (Pinilla y García, 2002).

Una alternativa de propagación de arvenses benéficas, investigadas y valoradas en el campo, que permitió abandonar la dependencia de semillas (sexual) como único mecanismo de propagación, es la recolección manual de especies que tienen estructuras de propagación vegetativa: estolones, nudos, entre otros, para su posterior siembra en áreas con suelos descubiertos. Esta práctica expresa excelentes resultados de adaptación y supervivencia, sin duda, es un interesante mecanismo para aumentar las poblaciones de arvenses benéficas en plantaciones de banano. Entre otras especies están: *Vigna peduncularis*, *Teramnus volubilis*, *Geophila repens*, *Geophila macropoda*, *Callisia cordifolia* y *Selaginella* sp (Pinilla y García, 2002).

Una metodología que se viene estableciendo con éxito en algunas fincas de la zona, consiste en aprovechar las labores de arranque manual de las arvenses benéficas que invaden el área de planteo de la planta. El material es dispuesto en costales o bolsas, y trasladados a sectores donde la presencia de las mismas es considerada como baja o limitante, inclusive se dan casos donde el movimiento de semillas se da entre fincas, también con buenos resultados. Con respecto al control manual, es significativo anotar, que plantaciones que han logrado establecer coberturas con arvenses benéficas, en aproximadamente el 80% de su área, transformaron sus prácticas de control, limitándose escasamente al arranque manual de las pocas malezas invasoras y a mantener limpio el área de planteo de la planta (Pinilla y García, 2002).

4.3.2 Cobertura asociada (policobertura)

Se define como la asociación de dos o más especies benéficas, que se adaptan a condiciones edafoclimáticas muy similares. En algunas fincas bananeras de la zona de Urabá, se observa una forma natural de las siguientes asociaciones: *Callisia cordifolia* con *Selaginella* sp, *Vigna peduncularis* con *Callisia cordifolia*, *Geophila macropoda* con *Selaginella* sp, *Callisia cordifolia* con *Selaginella* sp., y *Vigna peduncularis*. Dichas comunidades se ven favorecidas por aplicaciones de herbicidas en forma dirigida y el encamellone (recogimiento de los desechos de las plantas en surcos) (Pinilla y García, 2002). Otras especies de malezas que se pueden habitualmente encontrar, haciendo mono o policoberturas son *Peperomia pellucida* (L) H. B. K. y *Teramnus volubilis* Sw.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, la biodiversidad resulta muy deseable, de ahí la importancia de favorecer el establecimiento de policoberturas, evitando la dependencia de una única especie.

La presencia de mosaicos de diferentes arvenses dentro de los cultivos, tiene un agudo impacto en la composición e interacciones de la entomofauna del cultivo; los insectos benéficos tienen mayores posibilidades de encontrar presas alternativas, y sitios para reproducción o refugio (Pinilla y García, 2002).

Algunos autores manifiestan con respecto a las coberturas vegetales vivas, entre ellos Muñoz (1988a), que un crecimiento denso de malezas, puede

impedir sombra a los brotes vegetativos del Banano, (puyones) y mantener una humedad relativamente alta sobre la superficie del suelo, lo cual, estimula el embalconamiento de la planta y ayuda a fomentar el desarrollo de hongos (Pinilla y García, 2002).

4.3.3 Coberturas espontáneas

Hace referencia al establecimiento de coberturas, recurriendo al control mecánico y manual como único medio de control de malezas. La práctica se soporta en una constante permanencia de un complejo indiscriminado de malezas haciendo cobertura, entre las cuales se encuentran malezas de hoja ancha y angosta, que periódicamente son cortadas para su mantenimiento (Pinilla y García, 2002).

En general, la posición que se adopta es que Gramíneas, Ciperáceas y en general las malezas de hoja angosta, deberían ser eliminadas de la plantación completamente. Las especies de hoja ancha no causan gran daño y el que se pudiese ocasionar como producto de la competencia, estaría más que compensado por su valor como protector de la superficie del suelo. De igual manera, es fundamental considerar que las Poáceas son fuertes competidoras, llegándose a comprobar en experimentos que una sólida cobertura de gramíneas consume tanta agua como la misma plantación. Son más difíciles de controlar en términos generales las malezas de hoja angosta que las de hoja ancha (Pinilla y García, 2002).

De alguna manera, los métodos manuales y mecánicos, se convierten con el paso del tiempo en un mecanismo que favorece el incremento de las poblaciones de arvenses benéficas. Esto se explica, por el hábito de crecimiento postrado que presentan estas especies, las cuales permanecen protegidas ante la altura de corte de los implementos y eventualmente cuando son cortadas, por poseer estructuras vegetativas como mecanismos de propagación que se ven favorecidos (Pinilla y García, 2002).

Plantaciones que implementan este tipo de control, han tenido inconvenientes como es la definición de la frecuencia de los desyerbes, la presencia de malezas en el área de plateo (optimizar fertilización, proteger el retorno y facilitar las labores de desmache), la existencia de nylon enterrado (dificulta la operación de la guadaña) y, finalmente las constantes fallas que se presentan con los implementos mecánicos (Pinilla y García, 2002).

Con respecto al mantenimiento de la zona de plateo, se están ajustando algunas metodologías entre ellas, las prácticas manuales de limpieza desarrolladas habitualmente en las plantaciones, la aplicación de herbicidas que no afecten el crecimiento de los puyones y la planta, el efecto de la utilización de hércules, la fertilización química directa sobre las arvenses (práctica no recomendada porque antes de que la maleza se queme, puede llegar a absorber cantidades considerables de fertilizante) y el abonamiento con materiales orgánicos (compost, entre otros.). Todas las consideraciones se ajustan también para las malezas benéficas que invaden el área de plateo (Pinilla y García, 2002).

4.4 Introducción de leguminosas

La siembra de coberturas vivas entre las calles, particularmente de leguminosas, además de aportar nitrógeno, cubre el suelo con los beneficios consecuentes, de evitar la erosión y ocupar el espacio que de otra manera sería ocupado por las malezas. Las leguminosas siguientes están reportadas como especies de coberturas vivas: *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium ovalifolium*, *Centrosema* spp. y *Arachis pintoii* (Fuentes y Clavijo, 2000).

Los cultivos de cobertura más comúnmente usados en plantaciones tropicales son: *Pueraria phaseoloides* (Kudzu tropical), *Desmodium ovalifolium* (tolerante a la sombra) *Arachis* sp, *Calopogonium* sp, *Mucuna pruriens*, *Mucuna bracteata* y *Canavalia ensiformis* (Pinilla y Vargas, 2001).

Un punto interesante con respecto a las leguminosas nativas que existen en la zona de Urabá (Colombia), específicamente las especies *Vigna peduncularis* y *Teramnus volúbilis*, es un posible potencial de fijación, no obstante, es muy poco lo que se conoce del tema. Primavesi (1984), comenta al respecto, que varias plantas poseen bacterias noduladoras o rizobios, pero se conoce como ejemplo, en especial las leguminosas. Es un error creer que las leguminosas son noduladoras, de las 12.000 especies que existen en el mundo, sólo 1.000 han sido investigadas hasta ahora, de ellas únicamente 77 no nodularon de ningún modo, y exclusivamente el 8.87% pudieron ser consideradas como “noduladoras”, es decir, con una formación significativa de nódulos y efectiva fijación de nitrógeno.

Para que se produzca una nodulación efectiva (Primavesi, 1982) es necesario cumplir con tres condiciones básicas:

- Que la planta esté genéticamente dispuesta a aceptar simbioses.
- Que la planta esté fisiológicamente apta para recibirlos.
- Que las condiciones del suelo sean favorables (microflora que estimule la nodulación y nutrientes necesarios, especialmente fósforo, calcio y según la planta, con uno u otro micronutriente, especialmente molibdeno.

También, se hace alusión a estudios realizados en Panamá, en los cuales se elevaron la fertilidad del suelo y el efecto de la inoculación con *Rhizobium* a leguminosas, en donde los resultados destacan la leguminosa *Arachis* sp y *Desmodium ovalifolium* como las más factibles de utilizar; las especies de *Centrosema* fueron descartadas por alta incidencia de enfermedades y otras por poca cobertura y susceptibilidad a plagas; *Phaseolus* sp fue descartada por que se enreda en las plantas de banano. Además, se considera que la inoculación de leguminosas, no es necesaria en suelos fértiles o medianamente fértiles. Una de las leguminosas introducidas en el cultivo del banano en Urabá, es la especie *Arachis pintoii*, conocida como “maní forrajero”, también se han tenido experiencias con el Kudzú y *Canavalia*, sin muy buenos efectos (Fuentes y Clavijo 2000).

4.5 Consideraciones con respecto a las coberturas

- Indiferente del modelo de cobertura que se quiera establecer, lo verdaderamente trascendental, es abandonar la dependencia irracional de los herbicidas como único medio de control de malezas y aprender a utilizarlos correctamente, recurriendo a ellos en los casos estrictamente necesarios, igualmente valorar las estrategias culturales, las cuales desempeñan un papel importante en el éxito del programa; entre las cuales se pueden citar (Pinilla y García, 2002):
- Mantenimiento de densidades de población adecuadas según la variedad y el tipo de suelo.
- Programación de los ciclos de manejo de malezas por lotes, de acuerdo a la maleza existente.
- Ajuste de los programas de fertilización orgánica y mineral.
- Adecuación de una completa red de drenajes.
- Extracción de nylon enterrado y recolección periódica del generado por la cosecha.

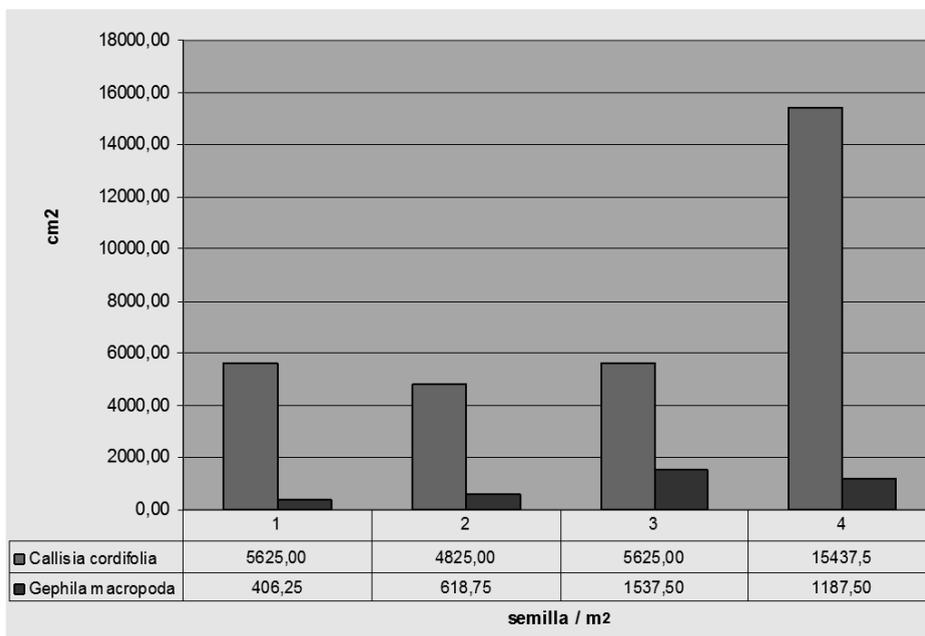
Actualmente, se considera que la mejor alternativa es un manejo combinado de los modelos de cobertura, dando especial interés al uso eficiente de los residuos vegetales y ajustándose a las condiciones particulares de cada plantación; no obstante, en el futuro la introducción y establecimiento de coberturas nobles y leguminosas, podrían llegar a ser un pilar esencial en la asociación cultivo – cobertura (Pinilla y García, 2002).

4.6 Algunos resultados de investigaciones sobre uso de coberturas vegetales

Argel (2005), al evaluar el potencial como cultivo de cobertura noble de las arvenses *Callisia cordifolia* (Canutillo) y *Geophila macropoda* (Oreja de ratón) en plantaciones de banano var. Cavendish, Clon Valery, bajo las condiciones agroecológicas de zona de Urabá, utilizando de 1 a 4 estolones por m², encontró que con tres y cuatro estolones, se logra buen grado de cobertura con la especie *Callisia cordifolia* (Canutillo), superando ampliamente a *Geophila macropoda* (Oreja de ratón) (Figura 9); no obstante, recomienda utilizar las dos especies en plantaciones de banano.

En otro estudio, Rivera y Pérez (2006) evaluaron las arvenses *Synedrella nodiflora* (Cerbatana) y *Geophila macropoda* (Oreja de ratón) utilizando densidades de siembra de 6 a 12 estolones por m² y reportaron que con 1 y 10 estolones por m², respectivamente, se logra la mayor cobertura con ambas especies, no obstante *Synedrella nodiflora* presentó una mayor cobertura; es una especie perenne de rápido crecimiento, mientras que *Geophila macropoda* es perenne con etapas de crecimiento iniciales que registran tasas de crecimiento relativamente bajas (Tabla 29).

Figura 9. Grados de cobertura alcanzados por *Callisia cordiflora* (Canutillo), y *Gephila macropoda* (Oreja de ratón), en 105 días.



Fuente: Argel, (2005).

Tabla 29. Cobertura alcanzada por las especies *Synedrella nodiflora* (Cerbatana) y *Geophyla macropoda* (Oreja de ratón) en plantación de banano en 105 días.

Especie	Densidad de siembra (Estolones m ²)	Cobertura
		(cm ²)
<i>Synedrella nodiflora</i>	6	550
	8	1550
	10	2250
	12	3400
<i>Geophyla macropoda</i>	6	1175
	8	1394
	10	1838
	12	1794

Fuente: Rivera y Pérez, (2006).

5. SUELOS Y FERTILIDAD

5.1. Suelos

El Plátano se encuentra sembrado en una gama muy amplia de suelos en el mundo. Los clones de mayor uso y producción en el país son el Dominico Hartón y Hartón, que requieren de excelentes suelos livianos. La topografía exigida para este tipo de explotaciones debe ser plana.

En otras zonas se trabaja sobre suelos más pobres o menos exigentes y cuya producción está destinada fundamentalmente para el consumo interno, obteniéndose consecuentemente producciones bajas, mediante sistemas de tecnologías precarias.

En los dos casos anteriores y en general para el cultivo de plátano, la principal condición para que el suelo sea apto para el cultivo es que posea un buen drenaje. El Plátano no prospera en suelos húmedos y demasiado arcillosos, ya que es menos resistente a la humedad que a la sequía (Sierra, 1993).

De acuerdo con esto, antes de la siembra se deben analizar dichos factores, con el fin de poder establecer si el suelo de la zona a sembrar cumple o no con los requerimientos de la planta, en lo referente a su composición orgánica y mineral, condiciones de fertilidad, características físicas y en especial aquellas que se relacionan con el contenido, retención y movimiento del agua y del aire (Belalcázar, 1991a).

5.1.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas, caracterizadas por su difícil modificación, revisten un interés muy especial por cuanto involucran aspectos que condicionan la siembra y explotación rentable de una especie vegetal determinada. La supervivencia y productividad de las plantas dependen de las proporciones de las fases sólida, líquida y gaseosa del suelo (Belalcázar, 1991a).

5.1.1.1. Textura y estructura

El Cultivo del plátano requiere suelos de textura media, es decir, entre franco arenoso y franco-arcillo-arenoso; los suelos francos (Arcillas entre 7 y 27% y limo entre 28 y 50%), presentan la textura más equilibrada para el buen desempeño agrícola, porque retienen agua y a la vez permiten la difusión de gases, condiciones apropiadas para las funciones fisiológicas de la planta. El plátano requiere de suelos sueltos bien aireados y con estructura granular, donde las raíces penetren y alcancen un buen desarrollo (Aranzazu *et al.*, 2000).

Teniendo en cuenta que, tanto por el hábito de crecimiento del tallo, como por la emisión y desarrollo de su sistema radical, la mayor concentración y cantidad de raíces se presenta en los primeros 20 a 40 cm de profundidad, la cual puede abarcar o no los horizontes A y B, es necesario que la textura del suelo que conforma dichos horizontes corresponda preferiblemente a un tipo franco, en el que se conjuguen, casi en iguales proporciones, las propiedades

ligeras y pesadas de las arenas, el limo y las arcillas. En este sentido las combinaciones más apropiadas podrían ser relacionadas con las siguientes texturas: Franco-arcillo-arenosa, Franco-arenosa muy fina y fina, Franco-arcillosa, Franco-arcillo-limosa y franco-limosa. Estas texturas generalmente se caracterizan porque facilitan la penetración y desarrollo del sistema radical, tienen buena aireación y contenido de materiales y además buena infiltración y retención de humedad (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

En lo que concierne a la estructura requerida, el suelo, que constituye la capa superficial (A) y subsuelo superior (B), debe corresponder preferiblemente a un tipo esferoidal, bien granular o bien migajoso con un grado de intensidad de agregación bastante fuerte y estable, para afrontar la acción de las lluvias excesivas o ante su carencia, para evitar el secamiento rápido de su superficie (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

5.1.1.2. Profundidad

El cultivo de plátano, necesita suelos con un perfil permeable, físicamente bien balanceado hasta una profundidad no menor de 1.20 metros. Los estratos u horizontes con profundidades superiores a la anotada, no deben presentar capas endurecidas, impermeables o arcillosas que limiten el libre movimiento vertical del agua, y con ello elevar el nivel freático. El perfil del suelo debe estar libre de gravas, piedras, y estratos endurecidos que inhiban el desarrollo natural de las raíces (Soto, 2001).

5.1.1.3. Permeabilidad

La textura y estructura son factores estrechamente relacionados con la permeabilidad del suelo. En términos generales, se estima que cuanto más finas son las partículas que componen el suelo, mayores son los problemas de drenaje, debido a que existe poco espacio poroso, lo que permite que el suelo se sature rápidamente y que el movimiento del agua se reduzca apreciablemente (Espinosa y López, 1995).

La permeabilidad para suelos dedicados a la explotación de plátano, debe ser de tendencia media, de tal manera que el valor de penetración del frente húmedo sea de un orden aproximado de los 20 cm/h. Si la permeabilidad es relativamente alta, son mayores en consecuencia los requerimientos de agua, lo cual ocasiona una pérdida excesiva de nutrimentos por efecto de lixiviación. En caso contrario, si es demasiado baja, se pueden presentar daños en el sistema radical por asfixia cuya magnitud depende del tiempo que dure el suelo bajo condiciones de saturación excesiva o bien sometido a inundación (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

5.1.1.4. Poder de retención de agua.

El cultivo de Plátano requiere de suelos con alto poder de retención de humedad, para satisfacer los grandes requerimientos de las plantas. Los suelos de los principales países productores tienen diferente poder de retención de agua de acuerdo a su origen. Los aluviones livianos de Centro América, Colombia, Ecuador, Filipinas y Jamaica, tienen menos capacidad de retener

agua, en primer lugar por su profundidad y en segundo, por la falta de arcillas. Los suelos con mayor conservación de humedad son los aluviales con texturas moderadamente pesadas y pesadas, y contenidos de arcillas superiores al 20%, con buen espacio poroso. Los suelos pesados con altos contenidos de arcillas montmorilloníticas, presentan gran capacidad para retener agua, pero la mayoría de las veces el movimiento de la misma es tan lento que produce saturación por periodos prolongados con grave perjuicio para el sistema radical de las plantas (Soto, 2001).

5.1.2. Propiedades químicas

Como norma general puede decirse que los mejores suelos para el cultivo del plátano, son aquellos que contienen altos contenidos de nutrientes, en forma bien balanceada, procurando suplir, completando con el abonamiento, las extracciones de minerales que se presentan con la cosechas y las pérdidas que se producen por el proceso de lixiviación (Sierra, 1993).

5.1.2.1 Reacción del suelo (pH).

La importancia de este factor, está asociada con la presencia de hidrógeno y aluminio en formas intercambiables y solubles. La magnitud de sus efectos directos e indirectos sobre los procesos metabólicos de la planta, dependen del valor de su reacción, que influye, entre otros aspectos, sobre la mineralización de la materia orgánica, la solubilidad y disponibilidad de nutrientes asimilables, concentración de iones y la capacidad de intercambio de cationes entre el suelo y la raíces.

En cuanto a este importante factor químico, la planta de plátano muestra un rango de adaptación bastante amplio, razón por la cual se puede cultivar tanto en suelos muy ácidos con pH de 4.0, como en alcalinos con pH de 8.0. Sin embargo, su mejor comportamiento productivo se registra en pH de 6.0 a 7.0, debido a que en este rango es donde se muestra el mejor equilibrio entre agentes químicos y biológicos, y se presenta además la máxima disponibilidad y aprovechamiento de los nutrientes por parte de la planta (Belalcázar, 1991a).

5.1.2.2. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Esta propiedad tiene relación estrecha con la capacidad de retención de nutrientes por el suelo y el equilibrio químico de los nutrimentos en solución. La fracción coloidal del suelo representada por la materia orgánica junto con el contenido y tipo de arcilla, son los constituyentes responsables de la CIC. En general a mayor contenido de arcilla y materia orgánica mayor es el valor de la CIC. Entre los minerales arcillosos existen diferencias en su CIC, siendo los de relación 2:1 los que mayor valor registran (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

5.1.2.3. Materia Orgánica (M.O)

La M.O del suelo, es la fuente principal del nitrógeno del suelo; aproximadamente el 85% del nitrógeno total proviene de este componente. Sin embargo, sólo del 5 al 10% del nitrógeno total se encuentra en formas

inorgánicas de amonio, nitrato o nitrito, que son las formas asimilables por los cultivos (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

Los suelos sueltos y profundos con contenidos aceptables de materia orgánica (5 y 10%), son los ideales para el cultivo, ya que permiten un buen desarrollo de las raíces, retienen la humedad y no se encharcan con facilidad (Aranzazu *et al.*, 2000).

5.2 Fertilización del cultivo de plátano

El tipo y la cantidad de nutrientes aplicados a las plantaciones de plátano, depende del contenido de cada nutrimento en el suelo. Las diferencias entre los suelos permiten establecer zonas con características químicas particulares, haciendo que se constituyan ciertas normas generales de manejo de la fertilización, de acuerdo con las necesidades de cada zona.

Obviamente, existen diferencias entre suelos dentro de una misma zona, lo que obliga a realizar estudios de diagnóstico de la fertilidad del suelo en cada finca, y en cada tipo de suelos dentro de la finca, y en cada tipo de suelos dentro de la finca. Esto permite un manejo más eficiente de la fertilización y las demás prácticas del cultivo (Espinosa y López, 1995).

5.2.1. Requerimientos nutricionales del cultivo de plátano

Es conocido que el plátano al igual que el banano, toma más nutrimentos por hectárea que casi cualquier otro cultivo comercial importante en el mundo, por tal razón, los elementos minerales deben ser repuestos, mediante un buen programa de fertilización, para mantener un buen nivel de producción. Para llevar a cabo este plan de Fertilización, es completamente necesario realizar previamente un análisis químico de suelos, para evaluar el estado de la fertilidad del suelo y diseñar estrategias para el manejo eficiente de fertilizantes y enmiendas (Espinosa y López, 1995).

Tabla 30. Exigencias nutricionales del cultivo de plátano

Elemento	Concentración	
	Ppm	meq (100 g suelo) ⁻¹
Potasio		0.4 - 0.6
Calcio		3 - 6
Magnesio		1 - 2
Fósforo	10 - 20	
Azufre	10 - 15	
Hierro	50 - 100	
Manganeso	20 - 30	
Zinc	3 - 6	

Fuente: Belalcázar, 1991a.

En plantaciones de plátano, se recomienda analizar el suelo una vez al año.

Esto permite conocer los niveles de los elementos en el suelo y el seguimiento del estado de la fertilidad de este a través de los años, para determinar si el contenido de nutrimentos se reduce, se mantiene o se incrementa (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1993). De acuerdo con los contenidos de los nutrimentos en el suelo y los requerimientos del cultivo (Tabla 30), se determinan los valores de nutrimentos a adicionar al suelo en forma de fertilizante.

5.2.2. Elementos minerales que nutren el cultivo

Como cualquier otro cultivo, el plátano requiere de elementos químicos indispensables para el crecimiento y la producción de la planta, denominados elementos esenciales. Dentro de los elementos esenciales, existe un grupo de elementos que son el Carbono (C), el oxígeno (O) y el Hidrógeno (H) que se encuentran en la atmósfera (Espinosa y López, 1995).

El otro grupo de elementos, llamados nutrientes minerales, son absorbidos por la planta del suelo. Los nutrientes minerales se subdividen en tres grupos: primarios, secundarios y menores. Se denominan nutrimentos primarios porque todos los cultivos los requieren en abundantes cantidades, estos nutrimentos son: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los nutrimentos secundarios son requeridos por las platas en cantidades más bajas que los primarios. Tanto los elementos primarios como los secundarios, se conocen como micronutrientes. Entre estos se encuentran calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Finalmente las plantas requieren cantidades muy bajas de los nutrimentos menores denominados también elementos traza, oligoelementos o macronutrientes que son zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni) (Espinosa y López, 1995; Salisbury y Ross, 1944).

En estudios realizados por Combatt *et al.* (2004), en el municipio de San Juan de Urabá, Antioquia, se evaluó el efecto de la interacción de los elementos esenciales N y K sobre variables de rendimiento, peso del racimo, longitud y peso del dedo central de la primera mano en el cultivo de plátano Hartón (Musa AAB Simmonds), y estableció el óptimo económico para los diferentes tratamientos con K_2O y N. Se utilizó como fuentes de fertilizantes: úrea del 46% de N; y cloruro de potasio del 60% de K_2O . Al final del experimento se pudo concluir que los tratamientos con mejores resultados fueron cuando se aplicó 200 Kg/ha^{-1} N, 200 kg/ha^{-1} K_2O , y 200 Kg/ha^{-1} de N, 600 Kg/ha^{-1} de K 20 con rendimiento que oscilaron entre 40 y 50 Ton/ha^{-1} de fruta y donde se obtienen los mejores beneficios económicos.

Además de estos elementos esenciales, algunas especies necesitan de otros, tales como el sodio (Na) en especies que crecen en suelos áridos y salinos y que generalmente presentan el camino fotosintético C-4. El silicio (Si) es otro elemento que favorece el crecimiento de especies como arroz, cebada, caña de azúcar, tomate, pepino, etc. El cobalto (Co) es esencial para bacterias que fijan nitrógeno en los nódulos radicales de las leguminosas. El selenio (Se) parece ser esencial para especies del género *Astrágalus*.

5.2.2.1. Nitrógeno (N)

Se Considera que el nitrógeno (N) es uno de los nutrimentos de mayor

importancia en el manejo de la nutrición del plátano; la cantidad de este nutrimento en la planta es considerablemente alta. El papel más importante del N en las plantas es su participación en la estructura de las moléculas de proteína. El N tiene también un importante papel en el proceso de la fotosíntesis, debido a que es indispensable para la formación de la molécula de clorofila. El N es componente de vitaminas, de importancia extraordinaria para el crecimiento de la planta (Espinosa y López, 1995).

No es común observar deficiencias nutricionales en el cultivo de plátano bajo buenas condiciones de manejo. Sin embargo, debido a los altos requerimientos de N por parte de este cultivo, bajo ciertas condiciones, es factible observar los síntomas característicos de las deficiencias de N, particularmente en presencia de problemas radicales provocados por ataques de nematodos, déficit hídrico en épocas secas o exceso de humedad en épocas lluviosas. Algunas de los síntomas más características son: amarillamiento de las hojas y retraso del crecimiento y desarrollo de la planta (Espinosa y López, 1995).

5.2.2.1.1. Respuesta del cultivo del plátano a la fertilización con nitrógeno

La mayoría de las áreas cultivadas con plátano, muestran contenidos bastante pobres de materia orgánica, reflejando contenidos bajos de N, por lo tanto se hace indispensable su corrección mediante la adición periódica de fuentes nitrogenadas de carácter mineral u orgánico (Belalcázar, 1991a).

Los experimentos en plátano, en altas densidades, conducidos en diferentes suelos ubicados en las principales zonas plataneras de Colombia, han demostrado que existe una buena respuesta a la aplicación de N y K; sin embargo, la magnitud de la respuesta no es uniforme en todos los suelos indicando que la respuesta depende del contenido inicial de nutrientes en suelo, por esta misma razón, no es conveniente recomendar una dosis general de nutrientes para obtener rendimientos altos en plátano de alta densidad. Se puede recomendar aplicación de nutrientes de forma más eficiente y económica utilizando el análisis de suelos (Espinosa *et al.*, 1998).

El plátano y banano son dos plantas semipermanentes que extraen del suelo alrededor de 110, 30 y 275 kg/ ha de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, siendo necesario aplicar entre 80 y 160 kg de N/ ha, entre 72 y 112 kg de P₂O₅ y entre 200 y 450 kg/ ha de K₂O, para suplir estos requerimientos (Muñoz, 1988b; Twiford, 1967, citados Belalcázar, 1994).

Ensayos realizados en la zona de Chinchiná, han sugerido la utilización de dosis media – alta de potasio, 200 – 400 Kg/ha de K₂O y dosis media de nitrógeno 75 kg/ ha. Se considera además que la interacción nitrógeno – potasio es muy importante en el cultivo del plátano, debido a que la mejor respuesta a la aplicación de nitrógeno se consigue combinándolo con adecuados niveles de potasio, mediante las relaciones N – K, 1 – 1, 1 – 2, 1 – 3 (Belalcázar, 1994).

Por otra parte al mantener constante los niveles de nitrógeno y fósforo e incrementando los niveles de potasio, se observa un incremento en la producción. El potasio tiene efectos positivos, especialmente cuando se adiciona con el nitrógeno, observando que la mejor relación entre ellos es 1:2,

N: K (Belalcázar, 1994).

Combatt, Martínez y Barrera, (2004), en ensayos realizados en el municipio de San Juan de Urabá – Antioquia, reportan que la mejor interacción NK, se observó cuando se aplicaron 200 kg/ ha de N y 200 kg/ ha de K, en variables como altura de planta (3.25 m de altura), número de días a floración (260.6 días) y de floración a cosecha (65.5 días). Con respecto a los componentes de rendimiento y calidad, la mejor interacción se mostró al aplicar 200 kg/ ha de N y 200 kg/ha de K, en variables como peso del racimo (16 kg), peso neto de la fruta (14.8 kg), longitud del dedo central (27.6 cm) y peso de la tercera mano (2552 g).

5.2.2.2. El Potasio (K)

El K es considerado como el nutrimento más importante en la nutrición del cultivo debido a que es el nutrimento que la planta de plátano requiere en mayores cantidades. El K es absorbido por las plantas en forma de ión K^+ y es el catión más abundante en las células de la planta de plátano. Aunque el potasio, no forma parte de la estructura de los compuestos orgánicos en la planta, es fundamental debido a que cataliza procesos tan importantes como la respiración, la fotosíntesis, la formación de clorofila y la regulación del contenido de agua en las hojas. La función primaria del K está ligada al transporte y acumulación de azúcares dentro de la planta y esta función permite el llenado de la fruta (Devlin, 1982, Sarasola y Rocca, 1975).

La deficiencia de K es común en suelos pobres dedicados al cultivo de Plátano y Banano, pero es difícil encontrar síntomas típicos de la deficiencia de este nutrimento en suelos fértiles. Los síntomas clásicos de la deficiencia de K son: clorosis de las hojas, retraso del crecimiento y deformación del racimo (Devlin, 1982, Sarasola y Rocca, 1975).

5.2.2.2.1. Respuesta del cultivo del plátano a la fertilización con potasio

La respuesta más frecuente y consistente del cultivo ha sido a la aplicación de K. Su efecto se refleja en precocidad en la emisión floral, aumento de la calidad y peso promedio de los racimos, incremento en el número de racimos por sitio y por unidad de superficie y mayor duración o longevidad de la plantación en buen estado productivo. La magnitud de la respuesta del cultivo a la aplicación de K, está determinada por el contenido de este elemento en el suelo. Cuanto más bajo sea el contenido de K en el suelo, mayor dosis de fertilizante potásico debe aplicarse y mayor habrá de ser el aumento relativo de la producción (Belalcázar *et al.*, 1994).

Echeverri y García (1974), consideran que dosis altas de potasio, dejando constante el N y P a un nivel de 50 kg/ha, se traducen en el desarrollo de plantas anormales, con disminución en el peso del racimo. Las dosis de K con mayor respuesta fueron las de 200 y 300 kg/ha. En igual forma Muñoz (1988b), encontró que aplicaciones de 112 kg/ha de K_2O , en presencia de dosis equilibradas de N y P, producen efectos positivos en los caracteres morfológicos de la planta y el racimo; obteniéndose un incremento altamente significativo en la producción.

En un experimento realizado sobre fertilización potásica en plátano, en el municipio de Tierralta (Córdoba), se ensayaron seis niveles de fertilización (0, 100, 300, 500, 700, y 900 kg/ha) y tres épocas de aplicación (4, 6, 8 meses de edad del cultivo), encontrándose que la mayor producción del cultivo se obtuvo con la dosis de 700 kg/ha de K_2O , y la mejor época para las aplicaciones de K, está alrededor de los seis meses de edad del cultivo (Barrera y Viera, 1993).

Pineda (1993), en un experimento realizado en Turipaná, Cereté (Córdoba), donde se evaluó la respuesta del plátano Hartón a la aplicación de seis niveles de NPK, encontró que el plátano Hartón mostró, en la variable producción, respuesta significativa (5%) a la fertilización con diferentes niveles de NPK. La mayor producción se obtuvo con la aplicación de 130 kg/ha de N, 97.5 kg/ha de P_2O_5 y 130 kg/ha de K_2O . El elemento que más limitó la producción fue el K, con escaso desarrollo del dedo representativo; además, las plantas con las dosis mínimas de K, fueron de altura reducida y con un pseudotallo delgado.

5.2.2.3. El Fósforo (P)

A pesar de que el fósforo es muy importante en la nutrición de muchos cultivos, los requerimientos de este nutrimento en el plátano no son grandes. El P es absorbido por las plantas principalmente como el ion $H_2PO_4^-$, la etapa de más rápida absorción de P por el plátano ocurre en los primeros cinco meses de vida de la planta (etapa vegetativa). El P forma parte de los ácidos nucleicos, NAD y NADP y, más importante aún, forma parte del ATP, compuesto transportador de la energía en la planta. El P se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento activo (Davlin, 1982).

El P es un elemento móvil que es reutilizado dentro de la planta. Esta puede ser la razón del bajo requerimiento de P por la planta de Plátano (Marchal y Melin, 1978). Los síntomas de deficiencia de P son difíciles de observar en campo debido a que, como se mencionó anteriormente, los requerimientos de P por parte del plátano no son grandes, sin embargo en suelos muy pobres es posible observar los síntomas característicos de la deficiencia como: coloración oscura-azulada, necrosis marginal en las hojas viejas y reducción del crecimiento de la planta madre y los hijos (Martin y Charpentier, 1964).

5.2.2.3.1. Respuesta del cultivo del plátano a la fertilización con fósforo

Pineda (1993), en un experimento realizado en Turipaná – Cereté (Córdoba), donde se evaluó la respuesta del plátano Hartón a la aplicación de seis niveles de NPK, encontró que la fertilización fosfórica no tuvo efectos significativos sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción, y que niveles altos de N y K, junto con dosis bajas de fósforo, inducen precocidad en el plátano, en lo que respecta al período de siembra a cosecha.

5.2.2.4. El Calcio (Ca)

El Calcio, tomado por la planta como Ca^{2+} , generalmente no se usa en los programas de fertilización del plátano porque el cultivo lo requiere en cantidades moderadas y es relativamente abundante en los suelos, sin embargo existen ciertas condiciones particulares en las cuales es indispensable usar Calcio. Este elemento participa activamente en la formación de las paredes celulares donde se encuentra como pectato de calcio. Es un nutrimento muy poco móvil dentro de la planta una vez que ha formado parte de la estructura de la célula; participa como activador de enzimas y actúa en el importante proceso de división celular, estimulando de esta manera el desarrollo de raíces y hojas (Devlin, 1982; Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1988).

Los síntomas de deficiencia de Ca, no son comunes en el área donde se cultiva plátano, excepto en suelos tropicales ácidos con baja capacidad de intercambio catiónico. Es frecuente observar síntomas de deficiencia de Ca en los suelos ácidos: decoloración de las hojas jóvenes, clorosis marginal, raquitismo y necrosamiento de raíces (López y Solís, 1992).

En Costa Rica, López y Solís (1992), encontraron una buena respuesta del cultivo de Plátano y Banano a la aplicación de dolomita ($CaCO_3$ y $MgCO_3$), presentándose la mejor respuesta con la aplicación de 1300 kg /ha/ año, en un ensayo en suelos ácidos en el que aplicaron hasta 3200 kg/ ha/año de esta enmienda.

5.2.2.5. El Magnesio (Mg)

El Mg es un nutrimento importante en el manejo de la fertilización de algunas zonas plataneras, en suelos con contenidos bajos de este elemento. La importancia del Mg en la vida de los vegetales radica en su presencia en el centro de la molécula de clorofila (sin Mg, la fotosíntesis no podría realizarse), además funciona como activador del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e interviene también en transporte de los fosfatos (Davlin, 1982).

El Mg, es un elemento móvil en la planta y es absorbido del suelo como catión Mg^{2+} , las deficiencias de este elemento son muy comunes en muchos países donde se cultiva plátano. Debido a esto, es posible observar con facilidad los síntomas de deficiencia en el campo, entre los más sobresalientes están: amarillamiento o clorosis de la zona central de los semilimbos de las hojas más viejas, cambios en el arreglo de las hojas en el pseudotallo, que le dan a la planta apariencia de "roseta", y cuando la deficiencia de Mg es severa, las vainas se despegan del pseudotallo y se rompen provocando una senescencia anticipada de la hoja (López y Solís, 1992).

Los cultivos como el plátano y banano, que requieren altas cantidades de K para producir adecuadamente, tienen dificultad para mantener una relación óptima entre K y Mg en el suelo y en la planta. Las necesarias aplicaciones de K reducen la capacidad de la planta de absorber Mg desarrollando de esa forma una deficiencia inducida de Mg, especialmente en suelos con contenidos

bajos y medios del nutrimento (Turner y Barkus, 1983). Por tal razón, en muchas regiones productoras de plátano y banano en el mundo, se acostumbra utilizar regularmente Mg en los programas de fertilización. En una investigación conducida en Costa Rica se encontró una buena respuesta de los cultivos con aplicaciones de 100 kg/ ha/ año de MgO, utilizando sulfato doble de potasio y magnesio como fuente de Mg (López, 1990).

5.2.2.6. El Azufre (S)

El azufre (S) es otro elemento importante en la nutrición del cultivo de plátano. En los últimos años este nutrimento ha tomado importancia en los programas de fertilización ya que son cada vez más frecuentes los reportes de deficiencias de S en las áreas plataneras. La función más importante del S en las plantas es su participación en la estructura de las proteínas, como integrante de los aminoácidos sulfurados cistina, cisteína y metionina. Su función también está ligada con vitaminas sulfuradas como la biotina, la tiamina y la coenzima A. El S es absorbido por la planta como anión sulfato (SO_4^{2-}) (Davlin, 1982).

Los síntomas de deficiencia de S aparecen en las hojas jóvenes de las plantas, las cuales se tornan de color blanco amarillento. Si la deficiencia es más fuerte, aparecen parches necróticos en los márgenes de las hojas y ocurre un ligero engrosamiento de las venas. Algunas veces cambia la morfología de la hoja y aparecen hojas sin lámina (Martin, 1978).

En lo que respecta a las necesidades de S por parte del cultivo, en algunos lugares se utilizan cantidades altas de S, como por ejemplo en las islas de Barlovento se han aplicado hasta 127 kg/ ha de S para el establecimiento del cultivo (Walmsley y Twyford, 1976). En Camerún se han realizado hasta dos aplicaciones sucesivas de 1.27 t/ ha de flor de azufre. Se recomienda el aporte de por lo menos 50 kg/ ha/ año de S (Marchal, Martin y Melin, 1972).

Los resultados de investigaciones en Costa Rica indican buena respuesta a la aplicación de azufre. Arias (1984), en trabajos realizados en una finca al oeste del río Reventazón, obtuvo una buena respuesta con la aplicación de 264 kg/ ha/año de S, utilizando como fuente el sulfato de potasio. Otro estudio realizado por Flores, (1991) en la zona atlántica, con dosis crecientes de sulfato de potasio, encontró que con dosis de 200 a 300 kg/ha obtuvo los mejores pesos de racimo.

5.2.2.7. El Zinc (Zn)

El Zn interviene en la síntesis de auxinas, que son sustancias reguladoras del crecimiento, también participa en el metabolismo de las plantas como activador de diversas enzimas (Devlin, 1982).

De los ocho nutrimentos menores, la deficiencia más ampliamente reportada para plátano y banano alrededor del mundo es la de zinc (Zn), estas se observan con facilidad en plantas jóvenes, sobre todo en suelos altos en Ca o en suelos arenosos. Los síntomas visuales de la deficiencia de Zn se manifiestan como rayas cloróticas-blanquecinas a lo largo de las venas de las hojas nuevas de menos de 1 cm de grosor, las cuales se alternan con rayas

color verde oscuro (López y Solís, 1992). Las deficiencias de Zn provocan retraso en el crecimiento y desarrollo de la planta. También se produce el alineamiento de las hojas en un mismo plano dando a la planta apariencia de “roseta”, la deficiencia de este elemento también provoca la formación de racimos pequeños y deformados.

En lo que respecta a las necesidades de Zinc, una cosecha de 50 ton de fruta extrae del suelo 500 g/ ha/ año de Zn (Lahav y Turner, 1992). En algunos suelos existen suficientes reservas de Zn para suplir anualmente esta pérdida, pero en otros casos se hace necesaria la aplicación del nutrimento, para lo cual se recomienda corregir la deficiencia con aplicaciones foliares que solucionan rápidamente este problema nutricional. De todas maneras, en algunos lugares se han obtenido buenos resultados con la aplicación de Zn al suelo en dosis variables que llegan hasta 1 kg/ ha/ año.

5.2.2.8. El Boro (B).

El papel del boro en el metabolismo de la planta todavía no es muy claro, aun cuando existe evidencia indirecta que indica que este elemento participa en el transporte de azúcares (Devlin, 1982). Por otro lado se conoce que el B es esencial en la formación de paredes celulares. Las flores y frutos son muy afectados por la carencia de este nutrimento (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1988). El B es absorbido por la planta como H_3BO_3 y $B(OH)^{4-}$ y no se transloca fácilmente de un órgano a otro.

Los síntomas de deficiencias se caracterizan por la presencia de bandas cloróticas perpendiculares a la vena central de las hojas nuevas; conforme la severidad de la deficiencia aumenta, estos síntomas se generalizan en toda la hoja y pueden ocurrir malformaciones de la misma, debido al desarrollo incompleto de la lámina o ausencia total de ésta; si la deficiencia es extrema, la planta puede morir al no existir hojas nuevas. La deficiencia severa de B puede inducir una fuerte deformación del racimo, pero aun condiciones de leve deficiencia, pueden afectar la calidad del racimo (López y Solís, 1992).

Un cultivo de plátano para una producción de 50 toneladas extrae alrededor de 700 g/ha año de B, pero suelos bajo explotación intensiva, por varias décadas, aún mantienen suficientes reservas de este nutrimento. En aquellos suelos que pueden desarrollar deficiencia de B se recomienda el uso de 5 kg/ ha de bórax en el primer ciclo de cosecha y 1 kg/ ha en los postreros ciclos (Walmsley y Twyford, 1976).

5.2.2.9. El Cobre (Cu)

Probablemente la función más importante de Cu en la planta es su presencia como parte integrante de varias enzimas. Es conocido también que este nutrimento es necesario para el desarrollo del proceso de la fotosíntesis (Devlin, 1982). El Cu es absorbido por la planta como ión Cu^{2+} (Sarasola y Roca, 1975).

Los síntomas de deficiencia de Cu se presentan en muy pocos lugares en el campo. Moity (1961) informó de su deficiencia en Costa de Marfil. La carencia de Cu causa una clorosis generalizada, con alineamiento de hojas en “roseta” y

se produce la curvatura de la vena central dando a la hoja la apariencia de “sombrija”.

Una plantación de Plátano extrae del suelo solamente 200 g /ha/ año de Cu para una producción de 50 toneladas (Lahav y Turner, 1992). La mayoría de suelos donde se cultiva plátano tienen suficientes reservas de Cu para satisfacer los requerimientos anuales de la planta.

Se recomienda también la aplicación de 0.7 kg/ ha de $CuSO_4 - 5H_2O$ para suplir los requerimientos de las plantas del primer ciclo y 0.1 kg/ ha en ciclos posteriores (Walmsley y Twyford, 1976). En algunos casos aislados se recomienda la utilización de sulfato de cobre foliar al 0.5% para corregir la deficiencia del nutrimento.

5.2.2.10. El Hierro (Fe)

El Fe es importante en la formación de clorofila y participa en los procesos de respiración de la planta, también participa activamente en la formación de varias enzimas (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1988). El Fe es absorbido por la planta en forma de Fe^{3+} ; sin embargo, la forma ferrosa (Fe^{2+}) es la forma metabólicamente activa (Devlin, 1982).

Los síntomas de deficiencia de Fe aparecen en las hojas jóvenes debido a que este nutrimento no se mueve dentro de la planta. Las hojas presentan una clorosis general siendo los espacios intervenales los más afectados. El crecimiento se retarda y las hojas llegan a ser lanceoladas y en forma de “roseta” (Stover, 1972). Las Plantas cloróticas deficientes en Fe florecen anticipadamente y producen racimos pequeños y en casos severos no llegan a producirlos.

Una producción de 50 toneladas de fruta remueve del suelo 900 g/ha/año de Fe (Lahav y Turner, 1992). Al igual que en los casos del B y Cu, la mayoría de los suelos donde se cultiva plátano, tienen niveles apropiados del nutrimento para una buena nutrición del cultivo. Si se presentan deficiencias de Fe, se recomiendan aspersiones foliares de sulfato o quelatos de Hierro.

5.2.2.11. El Manganeso (Mn)

El Mn se encuentra en mayor concentración en los puntos fisiológicamente activos de la planta (Sarasola y Roca, 1975). El Mn es factor esencial en los procesos de la respiración y el metabolismo del N. En ambos procesos actúa como activador de enzimas (Devlin, 1982). Este nutrimento también juega un papel directo en la fotosíntesis, pues ayuda a la síntesis de clorofila (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1988). Es absorbido por la planta como catión Mn^{2+} .

Los síntomas de la deficiencia de Mn consisten en clorosis marginal entre las venas de las hojas jóvenes, con manchas necróticas en el haz de la hoja, causando la pérdida prematura del follaje, lo cual a su vez causa un pobre desarrollo de la fruta, debido a que no hay suficiente acumulación de productos de la fotosíntesis (Stover, 1972).

Lahav y Turner (1992), informan de la salida de aproximadamente 500 g/ha/ año de Mn exportados en 50 ton de fruta. Como los niveles de Mn son generalmente altos en los suelos donde se cultiva plátano, es muy difícil que se

presenten deficiencias de este nutrimento, sin embargo si se presentan deficiencias, se recomienda la aplicación de sulfato de manganeso al suelo o en forma foliar.

5.2.2.1.2. El Molibdeno (Mo)

El Mo es necesario para la formación de la enzima nitrato reductasa que se encarga de reducir el nitrato a amonio dentro de la planta. Este nutrimento también interviene en el metabolismo del P (Devlin, 1982). El Mo tiene poca importancia en los programas de fertilización en la regiones donde se cultiva plátano alrededor del mundo, de hecho, no se ha informado de síntomas de deficiencia del nutrimento en el campo ni en pruebas de invernadero diseñadas para provocar los síntomas de deficiencias (Lahav y Turner, 1992). Es tomado por la planta como ión molibdato MoO_4^{2-}

5.2.2.1.3. El Cloro (Cl)

El cloro se absorbe como ión cloruro Cl^- . El Cl estimula la ruptura (oxidación) de la molécula de agua durante la fotosíntesis, fundamental en raíces, para la división celular en las hojas y, como soluto osmóticamente activo (Salisbury y Ross, 1994). En plátano más bien ha sido relacionada con efectos fitotóxicos en suelos salinos, donde se encuentra unido al sodio (Devlin, 1982). Estos elementos provocan problemas de salinidad en zonas de baja precipitación, mientras que en zonas lluviosas no existen problemas de acumulación de sales, debido a que la alta pluviosidad elimina rápidamente el exceso de sales por lixiviación

5.2.2.1.4. El Níquel (Ni)

Se absorbe como Ni^{2+} , forma parte de una enzima llamada Ureasa, que cataliza la hidrólisis de Urea a CO_2 y NH_4^+ (Salisbury y Ross, 1994). No se tienen reportes de requerimientos de este elemento en plátano, pero si en trigo, cebada, avena, tomate, etc.

5.2.3. Épocas de aplicación de los fertilizantes

Las épocas de aplicación junto con los aspectos físicos y biológicos que gobiernan la disponibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas, juegan un papel complementario de gran preponderancia, por cuanto de ellas depende el éxito de la fertilización (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

La época en sí, guarda una relación muy estrecha con la edad de la planta y las condiciones ambientales. En cuanto a la edad, se deben tener presentes las fases que conforman el ciclo vegetativo de la planta, lo más aconsejable sería que un gran porcentaje de la dosis recomendable se aplique antes de que ocurra el cambio de la fase vegetativa a la reproductiva, por cuanto si uno de los elementos nutritivos es indispensable para la diferenciación de manos y

frutos por mano, debe estar antes de la ocurrencia del cambio y no después (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

Cuando se trata de explotaciones con carácter permanente, la cantidad de fertilizante recomendada con base en el análisis de suelo, se podría distribuir de la siguiente manera: Primera aplicación, un mes después de la siembra, 50% de la dosis; segunda aplicación, cinco meses después de la siembra, 50% de la dosis restante; tercera aplicación y sucesivas, cada seis meses a partir de la segunda fertilización, empleando el 50% de la dosis recomendada.

Toda la dosis recomendada de fósforo debe aplicarse al momento de la siembra, luego cada ocho meses, según los resultados del análisis de suelo (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a). Todas las aplicaciones posteriores al primer ciclo de producción deben ir dirigidas o colocadas al frente del colino seguidor o retorno.

En explotaciones de carácter perenne se debe tener presente que a partir del primer ciclo de cosecha, se recicla, teóricamente, el 76% de los elementos extraídos. De acuerdo con esto, la cantidad de fertilizante a utilizar está en función de las cantidades exportadas hacia la fruta (24%) y de las pérdidas por procesos de naturaleza físico-química, como: lixiviación, gasificación y fijación, entre otros. Ante estos hechos, es muy conveniente recurrir a los análisis periódicos del suelo, los cuales se deben hacer preferiblemente cada cosecha, para utilizar las cantidades requeridas únicamente, evitando gastos innecesarios por concepto de este factor de producción (Belalcázar, 1991a).

Estudios, realizados por Barrera y Viera (1993); señalan que el cultivo de plátano presenta mejor respuesta a la aplicación de K entre los 4 y 6 meses de establecido, igualmente se notaron efectos positivos a los 8 meses después de la siembra, lo cual permite inferir que el fraccionamiento de los nutrientes durante el ciclo del cultivo y en atención a su desarrollo fenológico, permiten maximizar la eficiencia de la planta en la absorción de nutrientes.

5.2.4. Formas de aplicación de los fertilizantes

Hace referencia a la distribución o localización del fertilizante. En la práctica depende de la clase de producto a utilizar y de la edad de la plantación. Así, en explotaciones a establecer cuyos suelos sean deficientes en fósforo, principalmente, éste se debe preferiblemente mezclar con el suelo de relleno (Belalcázar, 1991a).

Cuando se trata de plantaciones establecidas, la localización del fertilizante guarda relación con la topografía del terreno. Por lo tanto, si éste posee una pendiente moderada, el producto se deberá distribuir en forma de media luna en el borde superior de la cepa. Si el terreno es plano, la distribución se puede hacer bien en forma de corona o bien en forma de media luna, rodeando al colino que dará origen al ciclo siguiente de cosecha. Tanto en plantaciones recién establecidas, como en adultas, con dos o más ciclos de producción, la localización, del fertilizante debe hacerse entre 40 y 50 cm de distancia de la base de la planta, distribuyéndose en lo posible en toda el área de plateo (Belalcázar, Cayón y Lozada, 1991a).

BIBLIOGRAFÍA

- ARAMÉNDIZ, H.; ESPITIA, M.; CARDONA, C. 2009. Valoración de los recursos fitogenéticos de Caña flecha (*Gynerium sagittatum* Aubl.) en el Caribe Colombiano. Bogotá. Editorial Produmedios 22p.
- ARANZAZU, L.F.; ARCILA, M. I.; BOLAÑOS, M. M.; CASTELLANOS, P. A.; CASTRILLÓN, C; PÉREZ, J. C.; RODRÍGUEZ, J. L.; VALENCIA, J. A. 2000. Manejo Integrado del Cultivo del Plátano. Manual Técnico. CORPOICA. Manizales – Colombia. 32p.
- ARCILA, M.; VALENCIA, J.; BELALCÁZAR, S.; MORALES, H. 2002. Efecto del desmane sobre la calidad y la producción del híbrido del plátano FHIA 21 En: Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT. Ed. Asociación de Bananeros de Colombia. pp. 446 – 449.
- ARCILA, M.I.; BELALCÁZAR, S.; VALENCIA, J.A. 1995. Influencia de la defoliación sobre la producción de plátano Dominico – Hartón (*Musa AAB Simmonds*). En: ACORBAT. X. Reunión de la Asociación para la cooperación en investigación de banano en el Caribe y en la América Tropical (10, 1991, Tabasco, México). Memorias. Editores: Miguel A. Contreras; José A. Guzmán; Luis R. Carrasco. pp 525-534.
- ARGEL, J. 2005. Evaluación de dos especies arvenses (*Callisia cordifolia*) Canutillo y (*Geophyla macropoda*) Oreja de ratón, como potencial cobertura en cultivos de banano, en Turbo-Antioquia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. 55p.
- ARIAS, H. 1984. Respuesta del cultivo de banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavandish, “Gran Enano” a dosis crecientes de sulfato de potasio en un suelo Oxic Dystropets de Río Jiménez, Provincia de Limón. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Costa Rica. 89p.
- ARISTIZÁBAL, L. M.; ARENAS, R.; LÓPEZ, M. 1997. Crecimiento y desarrollo del plátano proveniente de cultivo “In vitro” y semilla tradicional. En: Bananos y plátanos con el mejor entorno ambiental. pp. 16 – 20.
- BANACOL. 2000. Manual de tecnificación del cultivo del plátano. 67p.
- BARRERA, J. L. y CAYÓN, G. 2004. Contribución fisiológica de las hojas y el epicarpio del fruto del plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) al llenado y calidad del racimo, los Córdoba-Colombia. XVI Reunión Internacional ACORBAT, Oaxaca, México. 189p.
- BARRERA, J.; MONTOYA, R.; PÉREZ G.; NEGRETE, L. 2002. Efecto de la época de deshije sobre los factores de crecimiento, desarrollo y producción del clon de plátano Hartón *Musa AAB*. En: Memorias XXXII Congreso anual Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal COMALFI. 184p.
- BARRERA, J. L.; SALGADO C. M.; CADAVID L. A.; CORREA E. M. 2006. Contribución del desmane y embolse del racimo sobre la producción y calidad del plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*) en el municipio de San Juan de Urabá-Antioquia. En: Memorias XXXVI Congreso Anual COMALFI. Agroquímicos, Malherbología y Medio ambientes. 36p.
- BARRERA, J. L. y VIERA, E. 1993. Respuesta del cultivo de plátano (*Musa*

- AAB Simmonds) a varios niveles y épocas de fertilización potásica en un suelo Typic eutropept del Municipio de Tierralta – Córdoba. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas. Montería – Córdoba. 94p.
- BELALCÁZAR, S. 1991. El Cultivo de Plátano en el Trópico. Manual de Asistencia Técnica N° 50. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío. Colombia. 376p.
- BELALCÁZAR, C., S. 1994. Mejoramiento en la Producción del Plátano. Segundo informe técnico. 1984-1994, Armenia: Produmedios. 256p.
- BELALCÁZAR, S.; BAENA H.; MARTÍNEZ, A. 1990a. Efecto de la época de destronque y del número de hojas y plantas por unidad productiva sobre la producción. En: Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera central de Colombia. Creced-Quindío. Regional Nueve ICA. Centro Satélite plátano y banano. pp. 86-92.
- BELALCÁZAR, S.; CAYÓN G.; ARCILA, M. I. 1998. Manejo de plantaciones. En: Seminario Internacional sobre producción de plátano. Armenia, Quindío. pp. 123-136.
- BELALCÁZAR, S. CAYÓN, G.; LOZADA, J. 1991a. Ecofisiología del cultivo. En: BELALCÁZAR, S. (Ed). El Cultivo del plátano en el trópico. ICA INIBAP – CIID, COMITECAFE. Quindío. Feriva, Cali. pp. 91 – 109.
- BELALCAZAR C., S.; BURITICA C., P.; TORREGROZA C., M.; TORO M., J.C.; JARAMILLO G., O.; BAENA A., H.; VALENCIA M., J.A. 1990. Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera central colombiana. En: Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. 22p.
- BELALCÁZAR, S.; VALENCIA, J.A.; ARCILA, M.I. 1994. Influencia de la defoliación durante la floración sobre el llenado de los frutos del plátano (*Musa AAB Simmonds*). En: Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. 30p.
- BELALCÁZAR, S. JARAMILLO, G. TORO, J.C. 1991b. La planta y el fruto. En: BELALCÁZAR, S.; (Ed). El cultivo de plátano en el trópico. ICA INIBAP – CIID, COMITECAFE. Quindío. Feriva, Cali. pp. 45 – 89.
- BELALCÁZAR, S.; MERCHÁN V.; BAENA H.; MARTÍNEZ A. 1990b. Efecto de la época y grado de defoliación sobre la producción. En: Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera central de Colombia. Creced-Quindío. Regional Nueve ICA. Centro Satélite plátano y banano. pp. 75-85.
- BELALCÁZAR, S.; VALENCIA J. ARCILA, M y CAYÓN, D.G. 1995. efecto de la defoliación selectiva durante el llenado de las frutas del clon dominico Hartón, (*Musa AAB, Simmonds*). En: BELALCÁZAR S.; GARCÍA, O.; VALENCIA, J.A.; ARCILA, N.I; MEJIA, H.; García, H. (Eds) mejoramiento de la producción del cultivo de plátano. Comité departamental de cafeteros Quindío CORPOICA, ICA, INIBAD IMPOFOS, PROMUMEDIOS, Santafé de Bogotá. pp. 104 – 117.
- BERRIL, F. W. 1956. Bunch covers for bananas Queensland. En: Soto M. (Ed). Bananos Cultivo y Comercialización. pp. 325-331.

- BOND, W. B. 1977. Bunch sleeping trial. En: Soto M. (Ed). Bananos Cultivo y Comercialización. pp. 325-331.
- BRUN, W.A. 1961. Photosynthesis y transpiration of banana leaves as affected by severing the vascular system. *Plant Physiol.* 36: pp. 577 – 580.
- CANN, H. J. 1965. Banana growing plantation practices. En: Soto M. (Ed). Bananos Cultivo y Comercialización. pp. 325-331.
- CARDONA, C.; ARAMÉNDIZ, H.; ESPITIA, M. 2008. Biología floral y fisiología reproductiva de la berenjena (*Solanum melongena* L.). Bogotá, editorial ProDummedios. p. 17-26.
- CAYÓN, D.G. 1998. Ecofisiología del cultivo de Plátano. En: Memorias del Seminario Internacional sobre producción de plátano. Armenia, Quindío Colombia. 221-236p.
- CAYÓN, D.G. y BOLAÑOS, M. M. 1999. Efecto de la remoción de hojas sobre la distribución de elementos minerales en el racimo del clon Dominico – Hartón (Musa AAB Simmonds). En: revista Infomusa. Vol. 8 (2). Agropolis II. 34387. Montpellier Cedexs, Francia. pp. 30–33.
- CAYÓN, D.G.; GIRALDO, G.A; ARCILLA, P. 2000. Fisiología de la maduración. En: CAYÓN, D.G.; (Ed). Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. CORPOICA – Comité de Cafeteros – Universidad de Quindío. ASIPLAT – COLCIENCIAS – FUNDESCO. Armenia, Colombia. 270 p.
- 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. 1991. Evaluación de la Clorofila y la fotosíntesis durante el desarrollo de la hoja de plátano dominico – Hartón en tres densidades de siembra. En: Informa anual de progreso 1991. Programa de fisiología vegetal ICA. Palmira. 16p.
- CAYÓN, G. 1995. Electrofisiología del estrés hídrico sobre varias especies vegetales. Tesis Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 168p.
- CAYÓN, G. 1996. Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (Musa AAB, Simmonds), durante el llenado del racimo. En: producción tecnológica del cultivo de plátano. S. BELALCÁZAR, G. CAYÓN. O. JARAMILLO, C. CORTÉS (Eds). Tecnología del eje cafetero para la siembra y explotación rentable del cultivo del plátano. FUNDEGRAT LTDA. Armenia Quindío. 31p.
- CHAMBERS, G. N.1970. Programmed chemical weed control in bananas, *Wid, Crops* 22: pp. 80-81.
- CHAMPION, J. 1975. El Plátano. Traducción. 3ª ed. Inglesa, por Palomeque, F Blume, Barcelona. 247p
- CLAVIJO, J. 1994, Sorgo Funk's Hw 1758. El híbrido de amplia adaptación. Semillas. 116 p.
- C.I. SUNISA S.A. 2002. Tabla para programación de identificación de fruta

- para el corte. Medellín- Colombia. 5p
- COMBATT, E.; MARTÍNEZ, G.; BARRERA, J. 2004. Efecto de la interacción de N y K sobre las variables de rendimiento del cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) en san Juan de Uraba – Antioquia, *Temas Agrarios* 9 (1): pp. 5-12.
- DECOTEAN, D.R. 1990 Tomato leaf development and distribution as influence ad by leaf removal and decapitation. *Hortsciencie* 25: pp. 681 – 684.
- DELGADO E.; GONZÁLEZ O.; MORENO N.; ROMERO D. 2002. Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en plátano FHIA 21 (*Musa AAAB*) en los llanos occidentales de Venezuela. En: *Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT*. Ed. Asociación de Bananeros de Colombia. AUGURA. Medellín, Antioquia, Colombia. pp. 450 – 454.
- DEVLIN, R. 1982. *Fisiología Vegetal*. 4ta Edición. Barcelona – España. 516p.
- ECHEVERRI, L. y GARCÍA, R. 1974. Efecto del K en la corrección del amarillamiento prematuro y la producción del plátano. *CENICAFE*. Vol. 26, N°. 4. Armenia – Quindío. 8p.
- ESPINOSA, L.; BELALCÁZAR, S.; CHACÓN, A y SUAREZ, D. 1998. Fertilización del plátano en densidades altas. En: *Seminario internacional sobre producción de plátano*. pp. 79–80.
- ESPINOSA, J y LÓPEZ, A. 1995. *Manual de Fertilización y Nutrición del Banano*. INPOFOS. Quito – Ecuador. 82p
- FAULKES, D.; ESPEJO, S.; DELPECHE, Marie y Preston, T.R. 1978. El plátano en la alimentación de bovinos. *Composición y producción de Beomasa*. *Rev. Producción Animal Tropical (Santo Domingo)* 31: pp. 41 – 46.
- FLORES, C. 1991. Respuesta del cultivo de banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavendish, Clon Valery, a la fertilización con sulfatos (SO₄=). In: *Informe Anual Corporación Bananera Nacional S. A.* San José, Costa Rica. pp 41- 44.
- FUENTES, C y CLAVIJO, J. 2000. *Memorias conferencia: Manejo de malezas en plantaciones de banano y plátano*. INAGRU. Apartadó Antioquia-Colombia. 21p.
- UNIBAN. 1998. *Guía para la producción de plátano de exportación*. Medellín. pp. 58-59.
- GANRY J. 1975. Influence du gainage des régimes du bananier avec une house de polyethyléne sur la temperature des fruits dans les conditions de Neufchateau (Guadalupe). En: Soto M. (Ed). *Bananos Cultivo y Comercialización*. pp. 326-327.
- HEENAN D. P. 1973. Bunch cover for bananas in the Northern District Papua, Nw. Guinea. En: Soto M. (Ed). *Bananos Cultivo y Comercialización*. pp. 325-331.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO.1993. *Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos*, Quito, Ecuador. 55p.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EI FÓSFORO. 1988. *Manual de Fertilidad de Suelos*. Primera Impresión en Español. Atlanta, Georgia, EE.UU. 85p.
- IRIZARRY, H; RIVERA E.; KRİKORIAN A.; RODRÍGUEZ J. 1991. Proper bunch management of the Frech – type superplantain (*Musa acuminata* x

- M. balbisiana, AAB) in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (PRI)* 75 (52): pp. 163–171.
- ITTYEIKE, K. 1978. Evaluation of the efficiency of different types of bunch weight and fruit quality of bananas. En: Soto M. (Ed). *Bananos Cultivo y Comercialización*. pp. 325 – 331.
- JARMA A.; BARRERA J.; PÉREZ D.; VERGARA D. 2002. Contribución fisiológica del desmane, desflore y desbacote sobre el llenado y calidad del Plátano Hartón (*Musa AAB*) en el Municipio los Córdoba-Córdoba En: *Memorias XXXII Congreso anual Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal COMALFI*. 184p.
- LAHAV, E.; D. W. Turner. 1992. Fertilización del Banano para Rendimiento Altos. 2da Edición. *Boletín N° 7*. Instituto de la potasa y el fósforo. Quito – Ecuador. p. 71.
- LARA F. 1970. Problemas y procedimientos bananeros en la zona Atlántica de Costa Rica. San José. En: Soto M. (Ed). *Bananos Cultivo y Comercialización*. pp. 325-331.
- LÓPEZ, A. 1990. Respuesta del cultivo de banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavandish, Clon Valery, a la fertilización cálcica y magnésica. Informe Anual, Bananera Nacional S.A. San José. Costa Rica. p.54.
- LÓPEZ, A.; P. SOLÍS, 1992. Síntomas de deficiencias minerales en el cultivo del banano. I Etapa: Calcio, Magnesio, Zinc y Boro. In: Informe anual, Corporación Bananera Nacional S. A. San José, Costa Rica. pp. 31-32.
- MARCHAL, J.P., MARTÍN – PRÉVEL y MELIN, Ph. 1972. Le Soufre et le Bananier. *Fruits*. 27(3). 50p.
- MARTÍN-PRÉVEL, P. y CHARPENTIER, J. 1964. Síntomas de carencias de seis elementos minerales en banano. *Fertilité*. VII. 22. pp. 15 – 50.
- MARTÍN – PRÉVEL, 1978. Effects of Magnesium and Potassium Nutrition on Phosphorus uptake and Redistribution in a Cultivated Plant, *Musa sp*. *Plant Nutrition.. Proc. 8th Colloq. Plant Anal. and Fertil. Problems, Auckland*. 338p.
- MERCHAN, V. 1995 Efecto de defoliaciones progresivas durante la fase productiva, sobre la producción del Clon de plátano dominico Hartón (*Musa AAB, Simmonds*). En: BELALCÁZAR, S.; GARCÍA, O; VALENCIA J.A.; ARCILA, N.L; MEJÍA, H.; GARCÍA H. (Eds) mejoramiento de la producción del cultivo de plátano Comité Departamental de Cafeteros del Quindío CORPOICA, ICA, (IID) (IDRC), INIBAP, IMPOFOS, Pronumedios, Santafé de Bogotá pp. 180 – 186.
- MEYER J. P. 1975. Influence de l'ablation de mains sur le rendement en poids des regimes de bananes par categories de cotitionnement aux Antilles. En: Soto M. (Ed). *Bananos Cultivo y Comercialización*. 333p.
- MOITY, M. 1961. La Carence en Cuivre des "Tourbières du Niéky » (Cote d'Ivoire). *Fruits* 16(8). 401p.
- MOORE, T.C. 1979. *Biochemistry and Physiology of plant hormones*. Springer Verlay. New York. 274 p.
- MORELLO, J. 1954. Transpiracao e balanço de agua da bananeira nas condicoes do estado de sao paulo *Botánica* 10: pp. 27 – 97.
- MUÑOZ, J. 1988. Departamento de servicios agrícolas e investigaciones técnicas para el cultivo del banano, C.I. Unibán S.A. 89p.

- MUÑOZ, R. 1988. Respuesta de plátano (Musa AAB Simmonds), variedad dominico, a la fertilización en suelos de clima medio en Antioquia. Revista ICA, Vol. 27, N° 1. Antioquia. 183p.
- PÉREZ C., J.; GONZÁLEZ A.; VALENCIA J. 2004. Guía para la producción ambiental del cultivo del plátano 2ª Edición. CORPOICA; CRQ. Armenia. 86p.
- PÉREZ, G. y NEGRETE, L. 2001. Efectos del deshije sobre los componentes del crecimiento y desarrollo del cultivo de Plátano. Trabajo de Grado Universidad de Córdoba, Montería. 63p.
- PERUMAL, A.; ADAM, A. V. 1968. Begging of "Giant Cavendish" banana stem Honduras. Effect on number of days from flower emergence to fruit harvest. En: Soto M. (Ed). Bananos Cultivo y Comercialización. pp. 326-327.
- PINEDA, M. 1993. Efecto de diferentes niveles de NPK en plátano Hartón (Musa AAB Simmonds) en el Valle de Sinú Medio. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas. Montería – Córdoba. 87p.
- PINILLA, X y GARCÍA, J. 2001. Manejo integrado de malezas en plantaciones de Banano. Urabá, Antioquia, Colombia. 289p.
- POUND, B. 1997. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América. Natural Resources Institut, Chatham, Kent ME4 4TB, UK. Disponible en: www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Pound7.htm.
- PRIMAVESI, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. Quinta edición. Buenos Aires: El Ateneo. 495p.
- QUINTERO, S. J. A.; ARISTIZÁBAL, L. M. 2003. Efectos del desmane sobre las características productivas de "Dominico-Hartón" y "África" en Colombia. INFOMUSA Vol. 12 No. 1 pp. 44-46.
- REIMHOLD, Basle. 1994. Compendium of Growth Stage Identification Keys for Mono – and Dicotyledoneus Plants. (Extended BBCH Scale). ISBN 3-95207490-0. 158p.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. 1987. Ecofisiología do Cafeiro. En: Ecofisiología do producao. Agrícola Associacao Brasileira para pesquisa do potassa e do fostato, Piracicaba. pp. 119 – 147.
- RIVERA, J; DERAS, J.; ROSALES, F.; ROWE F. 1996. Efecto del uso de vitro – plantas y dos regímenes de desmane sobre el comportamiento del plátano híbrido FHIA – 21 (AAAB) bajo condiciones de manejo agronómico intensivo. En: XII Reunión ACORBAT. Santo Domingo, Republica Dominicana. pp. 65-76.
- RIVERA, N. y PÉREZ, V. 2006. Evaluación del potencial de cobertura de las arvenses Oreja de ratón (*Geophyla macropoda*) y Cerbatana (*Synedrella nodiflora*) en el cultivo de banano, en Turbo. Antioquia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. 61p.
- RODRÍGUEZ, G. C.; CAYÓN S. G; MIRA C, JHON J. 2006. Influencia del pseudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del retoño de banano (Musa AAA Simmonds). Rev. Agronomía Colombiana. 24 (2):12p.
- RODRÍGUEZ, M. J. L.; RODRÍGUEZ, S. A. 2001. Aspectos

- socioeconómicos del cultivo del plátano en Colombia: INFOMUSA Vol. 10 No. 1 pp. 4-9.
- SALISBURY, F.B. y ROSS, C.W. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. 682p.
- SAMPAIO, V. R.; SIMAO, S. 1970. Banana remoção da inflorescencia masculina en cachos novos. En: Soto M. (Ed). Bananos Cultivo y Comercialización. pp. 325-331.
- SARASOLA, A. y M. ROCA. 1975. Fitopatología. Curso moderno. Tomo V. Fisiogenética – prácticas em Fitopatología. Editorial Hemisfério Sur. Buenos Aires, Argentina. 285p.
- SHMUELI, E. 1953. Irrigation Studies in the Jordan Valley. I. Physiological activity in relation to soil moisture. Bull. Res. Cauncel. Israel. 3: pp. 228 – 247.
- SIERRA, L.E. 1993. El cultivo del banano. Producción y comercio. En: XV Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos. Editorial Olímpica. Medellín-Colombia. 679p.
- SIMMONDS N.W. 1973. Los plátanos. Blume, Barcelona. 539p.
- SKETCH, A.F. 1931. Some reaction of the banana to pressure, gravity and darkness. 104P.
- SLOCUM, A.F. 1993. Effect of low temperatures upon cell structure. Bull. 48 Res. Depart U.F.C. 149p.
- SOTO, B. M. 1992. Bananos Cultivo y Comercialización. 2ª. Ed. San José, Costa Rica. Litografía e imprenta LIL, S. A. 649p.
- SOTO, M. 2001. Bananos cultivo y comercialización. San José de Costa Rica. 649p.
- SOTO, B. M.; CALVO J.. 1987. Efecto del desmane sobre la calidad del fruto de banano, en el clon “Gran enano” *Musa* AAA, Subgrupo Cavendish. Universidad de Costa Rica. En: Memorias VII Reunión ACORBAT. San José, Costa Rica. 709p.
- SOTO B. M.; MONGUE, B. 1987. Efecto del desbacote sobre la calidad del fruto de banano (*Musa* AAA) Subgrupo Cavendish “Gran Enano”. Universidad de Costa Rica. En: Memorias VII Reunión ACORBAT. San José, Costa Rica. 709p.
- STOVER, R. 1972. Banana, Plantain and Abaca Diseases. Comm. Mycol. Institute. Kew. 38p.
- TURNER, D. W. 1970. Some fertilizer problems with bananas. En: Soto M. (Ed). Bananos Cultivo y Comercialización. pp. 325-331.
- TURNER, D. And D. BARKUS. 1983. Long – term Nutrient Absorption Rates and Competition Between ions in Banana in Relation to the supply of K, Mg and Mn. Fert. Res. 4. 134p.
- TWIFORD, Citado por BELALCAZAR, 1967. Banana nutrition: a review of principles and practice. J. Sci. Fd. Agric. 18: pp. 177-183.
- UNIBAN, Unión de Bananeros de Urabá S.A. 1998. Definiciones estratégicas de mercados C.I. Gerencia de Mercadeo, Fundación Social de Unibán, Colombia, Medellín 136p.
- VALENCIA, J.; BELALCAZAR S.; ARCILA M. 1995. Efecto del deshije sobre el crecimiento, desarrollo y producción del clon de plátano Dominico-Hartón *Musa* AAB Simmonds. En: Mejoramiento de la producción del cultivo del plátano. ICA, IDRC, CORPOICA, INIBAP-LAC, INPOFOS. pp.

78-82.

- VARGAS, A; SANDOVAL J.; BLANCO F. 1999. Efecto del desmane sobre la calidad del racimo en plátano cv. 'Falso Cuerno' (Musa AAB) enano y semigigante. CORBANA 25 (52): pp. 129-142.
- WALMSLEY, D And I. TWYFORT. 1976. The Mineral Composition of the Banana Plant. V. Sulphur, Iron, Manganese, Boron, Zinc, Copper. Sodium and Aluminum. Plant and Soil.45:595. 64p.
- ZADDOKS, J.C., T.T. CHANG AND C.F. KONZAK. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed research 14, pp. 415-412.

ANEXO

Fotografía 1. Labor de deshije en plátano Hartón



Fotografía 2. Pasos en la labor de desguasque o eliminación de calquetas.



Fotografía 3. Labor de deshoje en plátano clon Hartón.



Fotografía 4. Sistema de amarre con cuerda de polipropileno, en plátano Hartón.



Fotografía 5. Labor de desflore en plátano clon Hartón.



Fotografía 6. Labor de desbacote en plátano Hartón.



Fotografía 7. Racimos embolsados de plátano Hartón.



Fotografía 8. Condición prematura para el embolse.

