

**EVALUACIÓN DE UN EMPAQUE BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN
MODIFICADO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz.) CON ADICIÓN DE
CAPSAICINA, SOBRE EL DESARROLLO DEL FRUTO DE PLÁTANO DOMINICO
HARTÓN (*Musa AAB SIMMONDS*)**



ELIZABETH HIDALGO RUIZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2012**

**EVALUACIÓN DE UN EMPAQUE BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN
MODIFICADO DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz.) CON ADICIÓN DE
CAPSAICINA, SOBRE EL DESARROLLO DEL FRUTO DE PLÁTANO DOMINICO
HARTÓN (*Musa* AAB SIMMONDS)**

ELIZABETH HIDALGO RUIZ

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de Ingeniera
Agropecuaria**

**Director
M.Sc. IVÁN ENRIQUE PAZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2012**

Nota de Aceptación

El Director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

M.Sc. IVÁN ENRIQUE PAZ
Director

Presidente del Jurado

Jurado

Popayán, ____ de ____ de 2012

DEDICATORIA

“A Dios todo poderoso por ser la luz y mi guía en todos los momentos de mi vida.

A mis padres, Fidencia, Sergio y Oscar Aníbal, por su amor, comprensión y apoyo incondicional.

A mis hermanos, Oscar David y Ángela Rocío, por su adorable compañía y motivación”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por instruirme con el don de su ciencia, la inteligencia y la fortaleza para impulsarme a este logro, gracias espíritu santo por todos los beneficios que he recibido de tu infinita generosidad.

A mis, padres y mi hermana quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas propuestas.

A mí querido profesor y tutor de tesis, M.Sc. Iván Enrique Paz, por el apoyo académico y personal, por su paciencia, dedicación y vasta experiencia que me ha contribuido un soporte profesional y humano.

A Omar Gerardo, por compartir mis alegrías y tristezas, por su amor, apoyo y compañía incondicional. Igualmente a mi amigo Andrés Felipe, por su paciencia y colaboración.

Al grupo de investigación ASUBAGROIN (Aprovechamiento de Subproductos, residuos y Desechos Agroindustriales), en especial al M.Sc. Reinaldo Velasco por su confianza y apoyo incondicional. De igual manera al señor Andrés Ordoñez administrador y Gerónimo Guerrero, mayordomo de la Finca La Sultana.

A todos mis profesores, porque con su esmero y orientación han contribuido significativamente en mi formación humana, académica y profesional.

A mis amigos y compañeros, por todos los momentos vividos, por la amistad y hermandad que hemos cultivado durante el recorrido del camino universitario.

En fin, a todas aquellas personas que de una u otra forma, y de manera desinteresada, me brindaron toda la ayuda necesaria con la finalidad de lograr el desarrollo de un buen trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. MARCO TEÓRICO	22
1.1 EL CULTIVO DE PLÁTANO	22
1.1.1 El plátano en Colombia y el Cauca	22
1.1.2 Botánica	23
1.1.2.1 Sistema radicular	23
1.1.2.2 Cormo o rizoma	23
1.1.2.3 Pseudotallo	23
1.1.2.4 Hojas	23
1.1.2.5 Inflorescencia	24
1.1.2.6 Fruto	24
1.1.3 Variedades conocidas	25
1.1.3.1 Clon Hartón	25
1.1.3.2 Clon Dominico-Hartón	25
1.1.3.3 Clon Dominico	25
1.1.3.4 Clones “Cachaco”, “Pelipta” y África	26
1.1.4 Propagación	26
1.1.4.1 Propagación tradicional	26
1.1.4.2 Técnica Baker	27
1.1.4.3 Técnica Hamilton	27
1.1.4.4 Técnica <i>in vitro</i>	27
1.1.4.5 Técnica de “inducción de brotes”	27

	pág.
1.1.5 Establecimiento del cultivo	27
1.1.6 Manejo del cultivo de plátano	28
1.1.6.1 Control de malezas o arvenses	28
1.1.6.2 Deshoje y decalcetado	29
1.1.6.3 Deshije	29
1.1.6.4 Destronque	30
1.1.6.5 Apuntalamiento	30
1.1.6.6 Fertilización	30
1.1.6.7 Desbellote y desmane	31
1.1.6.8 Embolsado del racimo	31
1.1.7 Ecología del cultivo	31
1.1.7.1 Altitud	31
1.1.7.2 Temperatura	31
1.1.7.3 Precipitación	32
1.1.7.4 Viento	32
1.1.7.5 Humedad relativa	32
1.1.7.6 Brillo solar	32
1.1.8 Cosecha	32
1.1.9 Poscosecha	32
1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS Y CALIDAD DE LOS FRUTOS	33
1.2.1 Propiedades cuantitativas	33
1.2.1.1 Deformación unitaria	33
1.2.1.2 Tensión	33
1.2.1.3 Resistencia	33

	pág.
1.2.1.4 Limite elástico	34
1.2.1.5 Punto de rotura	34
1.2.1.6 Deformación permanente	34
1.2.1.7 Modulo de elasticidad o Modulo de Young	34
1.2.1.8 Grado de elasticidad	34
1.2.1.9 Grado de plasticidad	34
1.2.1.10 Indeformabilidad (Stiffness)	34
1.2.1.11 Presión de turgencia (N/mm)	34
1.2.2 Propiedades cualitativas	34
1.2.2.1 Textura	35
1.2.2.2 Elasticidad	35
1.2.2.3 Plasticidad	35
1.2.2.4 Firmeza	35
1.3 EMPAQUES SINTÉTICOS	35
1.3.1 Uso de los empaques sintéticos	36
1.3.2 Problemática del uso de los empaques sintéticos	36
1.3.3 Los empaques sintéticos en la agricultura	37
1.3.3.1 El empaque sintéticos en el cultivo de plátano	38
1.3.3.2 Bioplásticos	39
1.4 ANTECEDENTES	39
1.4.1 Manos efectivas	40
1.4.2 Número de dedos	40
1.4.3 Longitud de los dedos	40

	Pág.
1.4.4 Diámetro de los dedos	40
1.4.5 Longitud y peso de los racimos	40
2. METODOLOGÍA	41
2.1 UBICACIÓN	41
2.2 SELECCIÓN DEL LOTE	41
2.3. EFECTO DEL EMPAQUE BIODEGRADABLE SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RACIMOS	42
2.3.1 Grado de protección del empaque biodegradable	42
2.4 PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO	43
2.4.1 Prueba de firmeza	43
2.4.2 Prueba de resistencia	44
2.4.3 Determinación de la concentración de almidón por vía húmeda	45
2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS	47
3. RESULTADOS	48
3.1 EFECTO DEL EMPAQUE PLÁSTICO Y BIODEGRADABLE SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RACIMOS	48
3.1.1 Desarrollo general	48
3.1.2 Desarrollo por tratamiento	48
3.1.3 Correlaciones entre variables	50
3.1.3.1 Factores climáticos	50
3.1.3.2 Caracteres fisiológicos	51
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CONTENIDO DE ALMIDÓN EN LA PULPA DEL PLÁTANO	52

	pág.
3.2.1 Resistencia	52
3.2.2 Firmeza	53
3.2.3 Porcentaje de almidón en la pulpa de los frutos de plátano Dominico Hartón	54
3.3 GRADO DE PROTECCIÓN QUE EJERCE EL EMPAQUE BIODEGRADABLE EN EL RACIMO DE PLÁTANO CONTRA EL ATAQUE DE PLAGAS	56
3.3.1 Plagas presentes en racimos con empaque biodegradable y empaque convencional	57
3.3.2 Plagas presentes en racimos sin ningún tipo de empaque	58
3.3.2.1 <i>Colaspis</i> sp	58
3.3.2.2 <i>Trigona</i> sp (aveja conga o mapaitero)	58
3.3.2.3 <i>Chaetanaphathrips orchedii</i>	59
4. CONCLUSIONES	60
5. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Planta seleccionada por su buen estado	41
Figura 2. Medición de variables en la etapa 1: a) Nudo a mano final, b) Longitud del quinto y sexto dedo de la tercera mano, c) Diámetro del quinto y sexto dedo de la tercera mano	42
Figura 3. Prueba de firmeza por compresión unidireccional en plátano Dominico Hartón	43
Figura 4. Curva de fuerza máxima requerida para penetrar la cáscara de plátano Dominico Hartón	44
Figura 5. Prueba de resistencia en plátano Dominico Hartón	44
Figura 6. Curva de fuerza máxima requerida para deformar muestras de plátano Dominico Hartón	45
Figura 7. Procedimiento para extracción de almidón por vía húmeda. a) Selección, pesado y lavado, b) Pelado, c) Rebanado, d) Maceración, e) Tamizado, f) Decantación, g) Secado	46
Figura 8. Promedios de crecimiento en longitud y diámetro del 5to y 6to dedo en los cuatro tratamientos	49
Figura 9. Correlación entre precipitación y diámetro del quinto y sexto dedo	50
Figura 10. Correlación entre temperatura y diámetro del quinto y sexto dedo	51
Figura 11. Máxima fuerza (N) para deformar la muestra de pulpa de plátano Dominico Hartón.	53
Figura 12. fuerza (N) para penetrar la cascara de plátano Dominico Hartón	54
Figura 13. Porcentaje de almidón en la pulpa del fruto de plátano Dominico Hartón	55
Figura 14. Porcentaje de incidencia daños en los racimos de plátano Dominico Hartón	57
Figura 15. Daño por <i>Frankliniella párvula</i> Hood, a) Racimo embolsado con empaque biodegradable, b) Racimo embolsado con empaque convencional	58
Figura 16. Racimo sin embolsar con daño severo de <i>Colaspis</i> sp	58

	pág.
Figura 17. Daño por <i>Trigona sp</i> en la arista de los dedos en racimos sin embolsar	59
Figura 18. causado por <i>Chaetanaphathrips orchedii</i> en racimos sin embolsar	59

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Área cosechada, producción y rendimiento del cultivo del plátano por regiones naturales en Colombia, 2002	22
Cuadro 2. Comparación de tres variedades de plátano cultivadas en la zona de Caldono, Cauca	26
Cuadro 3. Desarrollo de los racimos de plátano Dominico Hartón por tratamiento	48
Cuadro 4. Máxima fuerza (N) para resistencia y firmeza en frutos de plátano Dominico	52
Cuadro 5. Contenido de almidón en la pulpa de frutos de plátano Dominico Hartón	55
Cuadro 6. Promedios de porcentajes de incidencia de plagas (entre septiembre y diciembre) en los racimos	56

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para longitud del quinto dedo de la tercera mano, en la primera evaluación (septiembre 17 de 2011)	70
Anexo B. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para longitud del sexto dedo de la tercera mano, en la primera evaluación (septiembre 17 de 2011)	70
Anexo C. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para diámetro del quinto dedo de la tercera mano, en la primera evaluación (septiembre 17 de 2011)	71
Anexo D. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para diámetro del sexto dedo de la tercera mano, en la primera evaluación (septiembre 17 de 2011)	71
Anexo E. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para longitud del quinto dedo de la tercera mano, en la segunda evaluación (octubre 21 de 2011)	72
Anexo F. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para diámetro del sexto dedo de la tercera mano, en la segunda evaluación (octubre 21 de 2011)	72
Anexo G. Análisis de varianza Anava $\alpha = 0,05$) para longitud del sexto dedo de la tercera mano, en la segunda evaluación (octubre 21 de 2011)	73
Anexo H. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para diámetro del quinto dedo de la tercera mano, en la segunda evaluación (octubre 21 de 2011)	73
Anexo I. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para longitud del quinto dedo de la tercera mano, en la tercera evaluación (diciembre 20 de 2011)	74
Anexo J. Análisis de varianza Anava $\alpha = 0,05$) para longitud del sexto dedo de la tercera mano, en la tercera evaluación (diciembre 20 de 2011)	74
Anexo K. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para diámetro del quinto dedo de la tercera mano, en la tercera evaluación (diciembre 20 de 2011)	75
Anexo L. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para diámetro del sexto dedo de la tercera mano, en la tercera evaluación (diciembre 20 de 2011)	75
Anexo M. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedios de longitud del quinto y sexto dedo de la tercera mano	76
Anexo N. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para promedios de diámetro del quinto y sexto dedo de la tercera mano	76
Anexo O. Comparación de promedios mediante prueba de t ($\alpha = 0.05$) para longitud del quinto y sexto dedo de la tercera mano	77

	pág.
Anexo P. Comparación de promedios mediante prueba de t ($\alpha = 0.05$) para diámetro del quinto y sexto dedo de la tercera mano	77
Anexo Q. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para la variable máximo desplazamiento (mm) en la resistencia	78
Anexo R. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para la variable máxima fuerza (N) en la resistencia	78
Anexo S. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para promedios de máxima fuerza (N) en resistencia	79
Anexo T. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para la variable máximo desplazamiento (mm) en firmeza	80
Anexo U. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para la variable máxima fuerza (N) en firmeza	80
Anexo V. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para porcentaje de almidón en los cuatro tratamientos Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para porcentaje de almidón en los cuatro tratamientos	81
Anexo W. Análisis de varianza (Anava $\alpha = 0,05$) para ataque de plagas a los racimos en diferentes tratamientos	81
Anexo X. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para promedios de porcentajes de incidencia del ataque de plagas en diferentes tratamientos	82
Anexo Y. Comparación de promedios mediante prueba de t ($\alpha = 0.05$) para porcentaje de incidencia de plagas en los racimos embolsados con capsaicina y sin capsaicina	83

GLOSARIO

ALMIDÓN: molécula natural formada por polisacáridos, de color blanco y aspecto granuloso, que se almacena como material de reserva en los tubérculos, raíces y semillas de ciertas plantas, especialmente en los cereales.

ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO (TPS): material que se obtiene por la disrupción (modificación) estructural que se da dentro del gránulo de almidón cuando este es procesado con un bajo contenido de agua y la acción de fuerzas térmicas y mecánicas en presencia de plastificantes que no se evaporan fácilmente durante el procesamiento. Presenta varios atributos, además de su biodegradabilidad, es un material renovable, flexible y se puede acondicionar muy fácilmente a diferentes procesos de termoplastificación usando equipos estándar utilizados en la fabricación de polímeros sintéticos.

BELLOTA: inflorescencia que da origen al racimo, a su vez está conformada de afuera hacia adentro por las brácteas, las cuales en forma alternada cubren 4 - 6 nódulos de flores femeninas (pistiladas) y un número variable de nódulos de flores masculinas (estaminadas).

BIODEGRADABILIDAD: la norma ASTM D 5488-944 la define como la capacidad de un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos.

BIOPOLÍMERO: sustancias obtenidas de diferentes orígenes. Algunos son derivados del petróleo, otros son de origen vegetal y otros que se logran por recomposición bacteriana.

CAPSAICINA: componente activo de los pimientos picantes (Capsicum). Tiene propiedades medicinales y repelentes e insecticidas.

CLON: organismo o grupo de organismo que derivan de otro a través de un proceso de reproducción asexual. Por lo general, los miembros de un clon tienen características hereditarias idénticas, es decir sus genes son iguales, con excepciones de algunas deferencias menores.

CORMO: tallo subterráneo corto y grueso, de posición vertical que acumula reservas.

EMBOLSADO DEL RACIMO: labor que se realiza al racimo de plátano, con el objetivo de aumentar el peso del racimo y diámetro de los dedos. Asimismo, evita daños por roces, ataques de insectos y mejora la apariencia de los frutos en cuanto a coloración y brillo.

FIRMEZA: resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte de las frutas.

FRUTO PARTENOCÁRPICO: es el fruto obtenido sin polinización, por desarrollo del óvulo, son frutos sin semillas que pueden obtenerse de forma natural esporádicamente o artificialmente por aplicación de fitohormonas.

***Manihot esculenta* Crantz:** planta originaria de América del Sur, usada principalmente para el consumo tanto humano como animal, y en un pequeño porcentaje para la obtención de almidón y otros usos industriales . El uso de esta planta se caracteriza por el consumo de su raíz, en la que se acumulan gran cantidad de componentes, entre ellos el almidón, que es la forma natural como la planta almacena energía por asimilación del carbono atmosférico mediante la clorofila presente en las hojas.

MANO: conjunto de dedos (ovarios de las flores femeninas que se convierten en frutos partenocárpicos).

PLÁSTICOS: son materiales fabricados con resinas (polímeros) sintéticas, que se producen generalmente, a partir de recursos no renovables como gas y el petróleo.

RACIMO: conjunto de frutos unidos a un mismo tallo o raquis en el caso del plátano.

REOLOGÍA: ámbito de la ciencia que estudia la deformación y el flujo de materiales causadas por la aplicación de un esfuerzo. El comportamiento reológico de los alimentos es muy complejo y a la vez desempeña un papel muy importante en muchos sistemas de proceso.

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el efecto de un empaque activo biodegradable obtenido por extrusión soplado, a partir de almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) con adición de capsaicina, sobre características físicas y químicas del fruto de plátano Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds), en la vereda Urubamba del municipio de Timbío, departamento del Cauca. En el sitio de investigación se seleccionaron 12 unidades de plátano en buen estado de desarrollo, a partir de las cuales se evaluó el efecto del empaque biodegradable sobre el desarrollo de los racimos, a partir de plantas que iniciaron proceso de fructificación y que fueron rotuladas mediante un diseño completamente al azar cuatro por tres, cuyos tratamientos fueron: racimos embolsados con empaque plástico convencional, empaque biodegradable con y sin capsaicina y no embolsados. Igualmente, para aquellos racimos con 110 días cumplidos después de la floración, se evaluó las propiedades mecánicas como: resistencia (N), firmeza (N) y porcentaje de almidón.

Con respecto al desarrollo general de los racimos se observó que estos desarrollan en promedio 7,4 manos efectivas, 11 dedos por mano efectiva, una longitud de 50,4 cm desde el nudo hasta la mano final, entre 18 y 24,7cm de longitud máxima en el quinto y 17 y 25 para el sexto dedo de la tercera mano y un diámetro máximo que oscila entre tres y cuatro cm para los mismos dedos respectivamente, también se encontró que el quinto dedo se desarrolla más rápido que el sexto dedo y que el peso de los racimos osciló entre 8 y 16 kg. En cuanto al empaque biodegradable, este tuvo efecto positivo, favoreciendo el incremento de la longitud y diámetro de los dedos, además ejerció protección a los racimos contra el ataque de plagas. Al aplicar las pruebas físicas, se encontró que los frutos bajo este empaque presentaron susceptibilidad a daños físicos durante la poscosecha, también muestran un bajo porcentaje de almidón.

Palabras claves: capsaicina, dedo, Dominico Hartón, fructificación, manos, plátano, racimo, reología.

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate the effect of a biodegradable active packaging obtained by extrusion blow molding, modified starch from yucca (*Manihot esculenta* Crantz) with addition of capsaicin on physical and chemical characteristics of the fruit of Dominico Hartón plantain (*Musa AAB simmonds*) in the village of Urubamba Timbío Town, department of Cauca. In the research site were selected 1 units of bananas in good development, from which were measured physical properties determined the development of clusters bagged with conventional plastic packaging, biodegradable packaging with and without capsaicin and unwrapped, from plants started fruiting process and were labeled using a completely randomized design with four for three. Also, for those clusters with 110 days of age after flowering, they were evaluated as mechanical properties: understanding (Kg/F/cm²), firmness (Kg/F/cm²) and percentage of starch.

Regarding the development of the clusters was observed that they develop seven effective hands, between fingers 11 effectively hand, a length of 50,4 cm from the knot until the final hand, between 18 and 24,7 cm in length for the fifth and sixth finger from the third hand and a maximum diameter of between 3 and 4 cm for the same fingers respectively, was also found that the fifth finger develops faster than the sixth finger and that the weight of bunches ranged 8 and 16 kg. As the biodegradable packaging, this was effected by increasing the length, the diameter of the fingers and protecting the bunches of pests. In applying physicochemical tests, we found that the benefits under this package were susceptible to damage during post-harvest, also show a low percentage of starch.

Key words: Capsaicin, fingers, Dominico Hartón, fruiting, hands, Banana, cluster, rheology

INTRODUCCIÓN

El plátano es el cuarto cultivo más importante del mundo, es considerado un producto básico y de exportación, fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo. El producto que entra en el comercio internacional es el procedente de los países latinoamericanos y del Caribe, entre los cuales se encuentra Colombia (Espinell *et al.*, 2006).

A nivel nacional es uno de los productos más importantes, ya que participa con el 6.8 % del volumen total de producción agrícola ocupando el quinto lugar después del café, la caña de azúcar, la papa y las flores (Ministerio de Agricultura, 2007). Además pertenece al sector tradicional de la producción y economía campesina, es de alta dispersión geográfica y de gran importancia socioeconómica desde el punto de vista de seguridad alimentaria y de generación de empleo, también hace parte fundamental de la dieta de los colombianos. Actualmente cerca de un 4 % de la producción nacional de plátano se destina al mercado de exportación, el restante se destina para el consumo interno en fresco y una muy pequeña proporción, menos del 1 %, se destina como materia prima para la agroindustria nacional (Espinell *et al.*, 2006). En el departamento del Cauca, el manejo tradicional que se le ha dado a la mayoría de las plantaciones, no ha permitido obtener producciones técnicamente aceptables.

Por otra parte la exigencia del mercado en las características externa e interna del fruto de plátano ha conllevado a realizar diferentes labores en el cultivo, garantizando la calidad de los frutos. Entre las labores más comunes encontramos el recubrimiento o embolsado de los racimos con plásticos sintéticos impregnados con insecticida, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con el objetivo de aumentar el peso del racimo, diámetro de los dedos y evitar daños por roce y ataque de insectos, al mismo tiempo mejorar la apariencia de los frutos en cuanto a coloración y brillo (Méndez, 2004).

Cabe decir que el uso e inadecuado manejo de los plásticos sintéticos utilizados en el embolsado del racimo de plátano, han generado inconvenientes especialmente en su disposición, convirtiéndose el suelo en su lugar de alojamiento, esto ha generado alteraciones en la física (conducción de gases y agua) y biología del mismo (reproducción y repoblamiento de microorganismos); ya que son materiales no biodegradables formados por macromoléculas de gran estabilidad estructural, fabricadas a partir de sustancias derivadas del petróleo, que pueden tardar en degradarse más de medio siglo (Tharantahan, 2003).

Dado que los plásticos sintéticos han contribuido significativamente a la contaminación ambiental provocada por desechos sólidos no biodegradables, se ha impulsado la búsqueda de sustitutos biodegradables, para ser utilizados durante la pre-cosecha y pos-cosecha de frutas y hortalizas, dentro de los cuales el almidón es una de las alternativas más promisorias. Por estas razones, en el marco del proyecto “Desarrollo de un empaque activo para plátano a partir de almidón modificado de yuca y capsaicina por extrusión soplado” financiados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el apoyo de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca, se evaluó el efecto del empaque activo biodegradable obtenido por extrusión soplado, a partir de almidón modificado de yuca con adición de capsaicina, sobre características físicas del fruto de plátano Dominicano Hartón; como objetivos específicos del proyecto, se estimó la influencia del empaque biodegradable sobre las características físicas (longitud, diámetro, resistencia, firmeza), y porcentaje de almidón del fruto de plátano, además el grado de

protección que ejerce la utilización del bioempaque en el racimo de plátano contra el ataque de plagas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 EL CULTIVO DE PLÁTANO

El plátano tiene su origen en Asia meridional, siendo conocido en el mediterráneo desde el año 650 d.c. La especie llegó a Canarias en el siglo XV, desde allí fue llevado a América en el año 1516. El cultivo comercialmente se inicia en Canarias en el siglo XIX y principios del siglo XX (Perea, 2003).

1.1.1 El plátano en Colombia y el Cauca. El cultivo de plátano en Colombia, ha sido un sector tradicional de economía campesina, de subsistencia para pequeños productores, de alta dispersión geográfica y de gran importancia socioeconómica desde el punto de vista de seguridad alimentaria y de generación de empleo. Se estima que del área cultivada en plátano en Colombia, un 87 % se encuentra como cultivo tradicional asociado con café, cacao, yuca y frutales, y el restante 13 % está como monocultivo tecnificado (CCI, 2002). Cerca de un 4 % de la producción nacional se destina a la exportación, el restante para el consumo interno en fresco (hogares rurales, urbanos y restaurantes) y una muy pequeña proporción (menos del 1 %) se destina como materia prima para la agroindustria nacional. Se debe tener en cuenta que las pérdidas por comercialización y transporte se estiman en 12,2 % (ASOHOFrucol, 2002). Los departamentos mayor productores de plátano son Antioquia, Quindío con el 14 % de la producción, le siguen en importancia, Tolima, Córdoba, Meta y Caldas con 11 %, el departamento del Cauca aporta el 1,61 %, (35,937 Tn/año) de la producción nacional (CCI, 2002).

En la distribución de la producción de plátano por zonas, es la región Andina la de mayor importancia, por cuanto en ella se concentra alrededor de 64 % del área en producción, aportando 67 % de la producción nacional. Le siguen en importancia, la región Pacífica que representa 12 % del área cosechada y 9 % de la producción. Por último las regiones del Caribe, Orinoquía, Amazonia y las Islas de San Andrés y Providencia participan con 24 % de la producción y el área cosechada del total nacional (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Área cosechada, producción y rendimiento del cultivo del plátano por regiones naturales en Colombia, 2002

Región natural	Áreas (ha)	Pn (tn/año)	Rendimiento (tn/ha/año)	Participación del área (%)	Participación Pn (%)
Caribe	42.502	365.436	8.6	11.1	12.5
Pacífica	44.990	273.058	6.1	11.8	9.3
Andina e Interandina	233.971	1.121.442	7.4	61.4	58.8
Orinoquía	29.878	390.700	13.1	7.8	13.4
Amazonia	29.966	175.777	5.9	7.9	6.0
San Andrés	46	169	3.7	0.0	0.0
Total	381.352	2.926.581	7.7	100	100

Fuente. Minagricultura, Junio de 2002.

En el departamento del Cauca la actividad agrícola es liderada por los pequeños minifundistas con más de 3.000 predios que se dedican a la siembra de cultivos transitorios de maíz, sorgo, soya, yuca y frutales, al igual que a cultivos asociados como plátano, café, frutales, arboles de sombrío, entre otros; especialmente en fincas tradicionales y representan el 18 % de la actividad económica del sector. Según Augura (2002) en el departamento del Cauca no existen monocultivos de plátano, de lo contrario el plátano se encuentra asociado como sombrío en el cultivo de café, el campesino caucano no presta las labores necesarias al cultivo de plátano por lo tanto el producto ofrecido al mercado no es de buena calidad.

1.1.2 Botánica. El plátano pertenece a la familia de las Musáceas y de nombre Científico *Musa Paradisiaca*; es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne, con rizoma corto y tallo aparente o pseudotallo que resulta de la unión de las vainas foliares, es de una planta cónica de 3 a 7 m de altura y termina en una corona de hojas (CORPOICA, 2002).

La planta de plátano está conformada por las siguientes partes.

1.1.2.1 Sistema radicular. Está conformado por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas que permiten tomar el agua y los nutrientes del suelo, la mayor parte se desarrollan entre los 20 a 60 centímetros del suelo. Su color varía de acuerdo a la edad y etapa de desarrollo, al inicio es blanco cremoso a pardo amarillento hasta tomar una coloración castaño oscuro en una edad avanzada. La longitud de las raíces está influenciada por la textura y estructura del suelo y aparecen en grupos de tres a cuatro, miden de cinco a diez mm de grosor y pueden alcanzar una longitud vertical de más de cinco metros si no son obstruidas (Belalcázar, 1999).

1.1.2.2 Cormo o rizoma. Se considera el tallo verdadero de la planta el cual es subterráneo, con ramificaciones monopódicas de donde se originan las hojas que parten del meristemo apical o punto vegetativo que se encuentra en la parte superior del rizoma. El tallo está formado por muchos entrenudos cortos, cubiertos externamente por la base de las hojas y de los nudos brotan las raíces adventicias. Un cormo bien desarrollado puede tener de 25 a 40 cm de diámetro y pesar de 6.9 a 11.5 Kg de acuerdo con el clon y la edad de la planta. Los cormos que se usan para la reproducción en las siembras comerciales tienen un peso que varía de 0.5 a 1.5 Kg (Sierra, 1993).

1.1.2.3 Pseudotallo. También es conocido como tallo falso y está formado por vainas o calcetas de hojas, que entrelazadas, se envuelven unas a otras. La edad de la planta, el ciclo reproductivo y la variedad determinan la altura y el grosor del pseudotallo de la planta. El color depende de la variedad, cambia de verde a claro a rojo. Las funciones son sostener el racimo, transportar agua y nutrientes (Vilora, 2008).

1.1.2.4 Hojas. Se distribuyen en forma de espiral y aparecen en intervalos de tiempo, influenciados por la altura sobre el nivel del mar, la variedad y el régimen de lluvias. Una

hoja está conformada por el limbo, nervadura central, peciolo y la vaina central o calceta; cada planta de plátano forma durante su ciclo vegetativo entre 36 y 40 hojas, las cuales se desarrollan cada seis días en zonas cálidas y cada doce días en zonas de mayor altitud (CORPOICA, 2003).

1.1.2.5 Inflorescencia. En el plátano la inflorescencia se origina a partir del ápice vegetativo, como resultado de la diferenciación de los primordios foliares en florales. El cambio de yema vegetativa a yema floral se relaciona con la emisión de cierto número de hojas, aproximadamente el 50 % y con cambios morfológicos que experimentan las mismas (de inserción de semilimbos con nervadura central). Una vez ha ocurrido la diferenciación, se inicia el proceso de ensanchamiento y elongación de la superficie superior del tallo subterráneo, convirtiéndose en un tallo aéreo en cuyo ápice se encuentra la inflorescencia, que es transportada por el centro del pseudotallo hacia la parte superior de la planta. La bellota da origen al racimo y está conformada de afuera hacia adentro por las brácteas, las cuales en forma alternada cubren cuatro a seis nódulos de flores femeninas (pistiladas) y un número variable de nódulos de flores masculinas (estaminadas) (Belalcázar, 1991).

Las brácteas aparentemente corresponden a vainas modificadas y cubren cada uno de los nódulos de flores femeninas; dicho cubrimiento dura hasta que se inicia el llenado de los ovarios femeninos, momento en el cual se secan y desprenden. Las flores masculinas y femeninas no se pueden distinguir morfológicamente hasta que el desarrollo de la inflorescencia haya alcanzado como mínimo 12 cm de longitud, resaltándose entonces diferentes grados de desarrollo ovárico. Las flores femeninas son las primeras en diferenciarse, se encuentran en la base de la inflorescencia, sus ovarios se transforman en frutos partenocárpicos. En el otro extremo de la inflorescencia, bajo las últimas manos, se encuentran las flores masculinas, cuyos estambres son bastante desarrollados, pero su ovario es bastante reducido. En la zona comprendida entre las flores femeninas y las masculinas se encuentran las flores hermafroditas, formadas por el ovario que es la mitad de la flor y que constituye frutos pequeños sin valor comercial (CORPOICA, 2003).

1.1.2.6 Fruto. El plátano es una baya partenocárpica cuyo desarrollo está condicionado únicamente por la acumulación de pulpa en la cavidad formada por las paredes internas del pericarpio. En un comienzo el ovario crece en longitud y diámetro. Durante la primera semana es lento, pero va incrementándose significativamente a partir de la tercera semana. En toda variedad, el número de manos es fijo, y sólo se altera por irregularidades hídricas o en la nutrición. Cuando estas alteraciones se producen después de la floración, puede aumentar o disminuir el número de dedos, pero no el número de manos, que está codificada cuatro meses antes de que se produzca el bacoteo (CORPOICA, 2002).

En el caso del clon Dominico - Hartón presenta un incremento muy rápido de la longitud dorsal hasta los 40 días después de la floración (DDF), luego tiende a permanecer constante, hasta alcanzar su valor máximo en la madurez fisiológica (100 DDF) y disminuye ligeramente hacia el fin del llenado. En contraste, el incremento del perímetro es continuo hasta la cosecha (Morales, Belalcázar y Cayón, 1998).

El aumento del peso fresco y seco del fruto, desde la emergencia de la inflorescencia hasta la cosecha comercial, es exponencial (Turner, 1994).

El crecimiento de la pulpa y cáscara varían durante el llenado de los frutos como consecuencia de la dinámica de los diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos que ocurren. En los primeros 40 días del crecimiento, los frutos presentan un incremento rápido del peso fresco y seco de la pulpa y la cáscara; durante este período la cáscara presenta la mayor proporción del peso seco de los frutos y, a partir de esa época, la acumulación de materia seca en la cáscara es superada significativamente por la pulpa; entre 60 y 100 días después de la floración (DDF), la tasa de acumulación de materia seca de la pulpa experimenta un aumento significativamente superior al de la cáscara, indicando que el proceso de distribución de la biomasa es preferencial hacia la pulpa (Morales, Belalcázar y Cayón, 1998).

1.1.3 Variedades conocidas. En Colombia los cultivares de plátano se encuentran en todos los pisos térmicos; desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altitud. A continuación se mencionan las características de las variedades más importantes de acuerdo a su uso en la alimentación humana

1.1.3.1 Clon Hartón. Pertenece al subgrupo plátano AABB. Su nombre vulgar es 'Hartón'. Este cultivar expresa su máximo rendimiento de 0 a 1000 m.s.n.m a partir de esta altura se puede presentar problemas de mercado, debido a que el tamaño del racimo no puede competir con los clones "Dominico" y "Dominico Hartón". La duración del ciclo vegetativo dura entre 10 y 12 meses a 2000 m.s.n.m y de 14 a 15 meses a 1000 m.s.n.m. El pseudotallo puede alcanzar una altura promedio de 3,78 m y un diámetro de 18 cm, medido a un metro de la superficie del suelo en el momento de aparecer la inflorescencia (FEDECAFÉ, 2000).

1.1.3.2 Clon Dominico-Hartón. Pertenece al subgrupo del plátano Musa AAB. Su nombre vulgar en el país corresponde a 'Dominico - Hartón'. Es un material bastante inestable que de acuerdo a la altitud de siembra demuestra el efecto de la interacción genotipo - ambiente sobre el fenotipo de la planta y su racimo. Se cultivan en zonas desde los 0 a 1500 m.s.n.m sin afectar el tamaño del racimo. Es un cultivar considerado intermedio entre el Dominico y el Hartón, con racimos más grandes que los del Dominico, pero más pequeños que los del Hartón. La duración de ciclo vegetativo depende de la altitud de siembra en forma directa, la cual dura de 10 a 12 meses a 2000 m.s.n.m y pasa de 16 a 18 meses a 1350 m.s.n.m (FEDECAFÉ, 2000).

1.1.3.3 Clon Dominico. Pertenece al subgrupo del plátano Musa AAB. Su nombre vulgar es el de 'Dominico' o plátano 'french platin'. Se puede cultivar desde los 0 a 2000 m.s.n.m, con temperatura promedio máxima de 29 ° C, y mínima de 19 ° C. Su potencial de rendimiento está en relación inversa con la altitud; de tal manera que a mayor altitud, menor tamaño y peso del racimo. Posee un gran contenido de azúcar, por lo cual se lo conoce como plátano azúcar (FEDECAFÉ, 2000).

1.1.3.4 Clones “Cachaco”, “Pelipta” y África. El comportamiento de siembra según la altitud es muy parecido al Dominicó, de tal manera que se puede cultivar de los 0 a 2000 m.s.n.m. Es importante resaltar que después de que se efectúa el corte del primer ciclo, se presenta una reducción del tiempo requerido para los ciclos sucesivos, superior a cualquier otro clon de plátano (FEDECAFÉ, 2000).

Las variedades Dominicó Hartón y Hartón son las que presentan el mayor potencial para el procesamiento, debido principalmente a que el clima cálido en que se producen favorece el desprendimiento de la cáscara, según las empresas procesadoras, se presentan diferencias entre el plátano Dominicó Hartón y el plátano Hartón en cuanto al tamaño y al contenido de agua (mayores en la variedad Hartón) y de sólidos solubles (mayor en la variedad Dominicó Hartón) (Aristizábal, Naranjo y Villegas, 1991).

En el departamento del Cauca son cultivadas las cuatro variedades descritas anteriormente.

Cuadro 2. Comparación de tres variedades de plátano cultivadas en la zona de Caldonó, Cauca

Variedad	Altura planta	Peso racimo	Peso dedo	Duración del ciclo(meses)
Dominicó	3.7-4.7 m	22-30 kg	270 g	15-18
Dominicó-hartón	3.5-4.0 m	15-25 kg	295 g	15-18
África	3.5-4.0 m	10-12 kg	400-600 g	15-16

Fuente: Cartilla de divulgación SENA-CIPASLA-PRONATA, febrero de 2001.

1.1.4 Propagación. La planta de plátano es incapaz de producir semillas viables por lo que su reproducción y perpetuación es a través de la propagación vegetativa o asexual. Por tanto, las "semillas" utilizadas para la siembra corresponden a partes vegetativas tales como retoños y cormos o hijos que, una vez separados de la planta madre, pueden realizar su ciclo de crecimiento y producción (CORPOICA, 2006).

Lo más recomendable es que el agricultor seleccione el material de siembra a partir de plantas madres vigorosas, sin signos visuales de ataques de plagas y enfermedades, realizando limpieza y desinfección del mismo. Los hijos seleccionados deben ser tipo espada, evitando el uso de aquellos catalogados como orejones o de agua, ya que han perdido su vitalidad por desequilibrios nutricionales o estrés hídrico (CORPOICA, 2006).

Existen diversos métodos y formas de propagación según CORPOICA (2002), se citan a continuación.

1.1.4.1 Propagación tradicional. Es el sistema de propagación más antiguo y hace uso de hijos o retoños. Se caracteriza por la escasa o nula aplicación de prácticas culturales

básicas, de manera que las plantas se encuentran bajo libre crecimiento, lo que provoca un alto índice de competencia entre ellas. El material de propagación usado en este sistema proviene generalmente de la misma plantación, siendo la eficiencia del mismo baja, existiendo, además, riesgo de diseminación de plagas y enfermedades.

1.1.4.2 Técnica Baker. Semilla inducida por la remoción de yaguas o calcetas, con aporques y la aplicación de materia orgánica para estimular yemas laterales. Con esta técnica se producen de 12 a 15 semillas.

1.1.4.3 Técnica Hamilton. Esta semilla se produce eliminando la dominancia apical de planta madre, después que esta ha cumplido seis meses de edad (16 a 20 hojas), y fertilizando con materia orgánica para estimular el brote de colinos. Se produce un promedio de 13 colinos por sitio.

1.1.4.4 Técnica *in vitro*. De cormos o de inflorescencias de plantas madres seleccionadas, se producen plántulas en laboratorio especializados. Las plántulas nacen libres de plagas y enfermedades, pero tienen un alto costo inicial y requieren un alto manejo en la etapa de endurecimiento en bolsa. Se puede llegar a producir hasta 250 semillas por yema seleccionada (Sandoval, 1998).

1.1.4.5 Técnica de “inducción de brotes”. Consiste en la integración de los conceptos de Hamilton, la metodología y el manejo de reproducción *in vitro*, así como los conocimientos sobre la potencialidad de formación de yemas que tiene un rizoma de plátano (Sandoval, 1998).

1.1.5 Establecimiento del cultivo. Un factor muy importante para tener éxito en el cultivo de plátano es el terreno a sembrar, ya que guarda gran relación con la vida útil y calidad de la plantación. Se deben seleccionar lotes con suelos sueltos, bien drenados, ricos en materia orgánica y elementos nutricionales. El plátano es exigente en nutrientes por tanto los errores que se cometan al no tener en cuenta el análisis de suelo, inciden en los resultados futuros (FEDECAFÉ, 2000).

Una vez se define el área a sembrar y el sistema de siembra, se procede al trazo, que consiste en marcar con estacas, los sitios donde serán sembrados los cormos o plantas. El sistema recomendado es el triángulo o tres bolillos, porque hay un mejor aprovechamiento del suelo y del espacio aéreo, además permite una mejor adaptación a todo tipo de terreno, y admite más plantas por hectárea. En los terrenos pendientes permite un correcto manejo del suelo, los surcos deben ir en curvas a nivel para disminuir la escorrentía y evitar la erosión (Belalcázar, 1991).

La distancia de siembra depende del sistema escogido en monocultivo o en asocio. A una distancia de tres por tres metros, en trazo a cuadro se tiene una densidad de 1.111

plantas de plátano por hectárea ó 1.280 plantas si es en triángulo. Entre las calles se pueden sembrar cultivos de cobertura como ahuyama, frijol, maíz, habichuela, lo cual permite el control de malezas y el aprovechamiento máximo de la tierra en la etapa inicial del cultivo (CORPOICA, 2003).

Después de marcado los sitios en donde se va a sembrar y con suficiente anticipación, se procede a la apertura de los huecos con un tamaño ideal de 40 x 40 x 40 cm. Es indispensable la preparación física y química del área donde se desarrollarán las raíces del plátano, ya que éstas son muy débiles y necesitan de suelo suelto para su desarrollo adecuado. Agregar a la capa superficial del suelo un kilogramo de abono orgánico mezclado con 100 gramos de la mezcla calcio magnesio (Jaramillo y Aristizábal, 2004).

Para realizar la siembra la época más propicia es el inicio de la temporada de lluvias. El cormo debe colocarse en posición vertical de tal manera que el corte efectuado en el pseudotallo quede cinco centímetros por debajo de la superficie. Al momento del trasplante se quita la bolsa en caso de tenerla y la planta se coloca en el centro del hoyo. El suelo de relleno se debe apisonar para evitar que queden cámaras de aire que faciliten pudriciones de las raíces por encharcamiento. Cuando se siembran cormos, es natural que algunos se pierdan debido a que no poseen raíces. Por lo tanto, se realiza la resiembra la cual se debe hacer lo más pronto posible para lograr homogeneidad en el crecimiento de las plantas (ICA, 2003).

1.1.6 Manejo del cultivo de plátano. El cultivo de plátano en cualquier clima o sistema de producción exige la realización de una serie de prácticas, algunas consideradas básicas e imprescindibles y otras opcionales, dependiendo del destino de la producción, nivel de tecnificación e incidencia y severidad de problemas fitosanitarios. Cada práctica se debe aplicar en el momento oportuno para que sea realmente eficiente y racional en los costos y amigable ambientalmente, teniendo como marco el conocimiento de las fases que componen el ciclo de la planta. Según el ICA, (2003) las prácticas más comunes en el cultivo del plátano son.

1.1.6.1 Control de malezas o arvenses. Estas plantas son un componente importante del agroecosistema agrícola e intervienen dentro del equilibrio ecológico del mismo. Un buen control de arvenses es un componente indispensable en el manejo integrado de problemas fitosanitarios. Las malezas compiten con el cultivo por agua, luz y nutrientes, además muchas son hospederas de enfermedades e insectos plagas. Los primeros seis meses del cultivo son considerados críticos por ser ésta la fase de establecimiento del cultivo; los daños causados en ésta etapa inciden tanto sobre los rendimientos como en la vida útil de la plantación. El manejo de las malezas se debe realizar mediante la integración de métodos culturales, mecánicos y químicos. Su efectividad dependerá de la oportunidad y eficiencia con que se realicen (CORPOICA, 2003).

- **Control cultural.** Consiste en proporcionar a la planta todas las ventajas para que se desarrolle rápida y uniformemente. Involucra aspectos como obtención de semilla de buena calidad, fertilización, distancias de siembra y el uso de coberturas las cuales deben ser de crecimiento rápido, cubrir densamente el suelo, de poca altura (máximo 20 cm) y de tipo rastrero. No es conveniente utilizar especies trepadoras por el perjuicio que causan a las plantas (CORPOICA, 2003).

- **Control mecánico.** Consiste en la utilización de herramientas como el machete y azadón para eliminar las malezas. Es el más recomendado durante el establecimiento del cultivo ya que permite un control de malezas selectivo sin causar perjuicios a las plantas. Durante los primeros tres meses y cada cuatro a cinco semanas se debe realizar un caciqueo o plateo a una distancia de 60 a 80 cm de la planta y luego las calles se recubren fácilmente. Su éxito está en no dejar que las malezas compitan con los nuevos brotes. Este tipo de control tiene como ventaja el que el suelo permanece cubierto, protegiéndolo de la erosión y conservando la humedad en épocas críticas de verano, pero como gran desventaja, la frecuencia de los cortes a la planta y su gran costo (CORPOICA, 2003).

- **Control químico.** Es muy utilizado después de los primeros cuatro a cinco meses del cultivo. Consiste en el uso de herbicidas que inhiben, retardan el crecimiento o eliminan las malezas presentes. El uso de uno u otro herbicida dependerá del tipo o complejo de malezas existentes, el tipo de suelo, factores económicos y condiciones climáticas (CORPOICA, 2003).

1.1.6.2 Deshoje y decalcatado. Consiste en la eliminación de las hojas amarillas, dobladas, secas y bajas para favorecer la libre circulación del viento, al igual que la penetración de los rayos solares que van a favorecer el crecimiento y desarrollo de las futuras generaciones y contrarrestar el ataque de plagas y enfermedades. No es conveniente eliminar las hojas verdes que aún no han doblado; se deben despuntar las hojas afectadas por enfermedades foliares como sigatoka negra, eliminando las partes manchadas o secas. Con el fin de evitar daños por desgarradura de las yaguas, el corte se debe hacer de abajo hacia arriba, dejando una porción de falso pecíolo como margen de protección a la penetración de patógenos por el pseudotallo. Al realizar esta práctica, la herramienta se debe desinfectar al pasar de una planta a otra (CORPOICA, 2006).

El decalcatado, conocido también como desguasque, tiene como objetivo quitar las calcetas o vainas secas que cubren el pseudotallo. Esta labor se debe hacer a mano, arrancándola de abajo hacia arriba, sin usar herramienta. El descalcatamiento ayuda a disminuir el ataque de plagas y enfermedades que pueden tener sus focos de infección en las calcetas descompuestas (CORPOICA, 2006).

1.1.6.3 Deshije. Esta práctica hace referencia a la eliminación de colinos o brotes, en un estado no muy avanzado de desarrollo, con el fin de evitar la competencia que ellos le

pueden ocasionar a la planta madre por luz, agua, nutrimentos y espacio vital. La herramienta más apropiada es el barretón tipo sacabocado, con el cual se elimina únicamente el meristemo o ápice de crecimiento, sin afectar el sistema radical ni anclaje de la planta (Belalcázar, 1994).

El objetivo del deshije es mantener una sucesión racional y ordenada de progenies en el sitio de producción. El deshije se puede realizar en el momento en que el desarrollo de los colinos facilite una adecuada selección, y luego se deben realizar rondas cada cuatro a ocho semanas para eliminar los brotes no seleccionados y que van emergiendo alrededor de la planta (Jaramillo y Aristizábal, 2004).

1.1.6.4 Destronque. Se refiere a la eliminación del vástago o pseudotallo, labor que se debe realizar tan pronto se efectúe la cosecha del racimo. Se corta a nivel del suelo el vástago y se cubre con tierra para evitar que el pseudotallo sirva como fuente de inóculo de problemas fitosanitarios de gran importancia económica, como bacteriosis, gusano tornillo y picudos negro y rayado. El pseudotallo y las hojas se pican finamente separando las secciones y colocándolas en las calles para acelerar su descomposición, de esta manera se contribuye a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (ICA, 2003).

1.1.6.5 Apuntalamiento. Es una actividad encaminada a prevenir el volcamiento de las plantas, ocasionado por mal anclaje, elevado peso del racimo, daños ocasionados por nemátodos o una práctica severa de deshije. En terrenos pendientes se debe intensificar esta práctica (Belalcázar, 1994).

1.1.6.6 Fertilización. Las primeras fases de crecimiento de la planta son decisivas para el desarrollo futuro, por tanto es recomendable usar fertilizantes ricos en fosforo en el momento de la siembra, si esto ocurre se recomienda fertilizar entre la tercera y quinta semana. Se recomienda abonar en el plato de la planta (Martínez, 1997).

En condiciones del trópico, los compuestos nitrogenados se lavan rápidamente, se recomienda fraccionar este elemento a lo largo del ciclo vegetativo; segundo mes y repetir al tercero y cuarto mes, es importante que al quinto mes se aplique un fertilizante rico en potasio, por ser uno de los elementos más importantes para la fructificación del cultivo (Belalcázar, 1994).

Es importante que antes de iniciar un programa de fertilización, se deba realizar un análisis de suelo para determinar claramente los nutrientes requeridos. Para condiciones de alta precipitación que conllevan a pérdida rápida de nutrientes, se debe aportar gran cantidad de materia orgánica para contribuir al mejoramiento de las características del suelo (CORPOICA, 2002).

1.1.6.7 Desbellote y desmane. Se realiza cuando el racimo está totalmente abierto, con la última mano paralela al suelo, con el fin de mejorar y lograr que la formación del mismo sea más uniforme, permitiendo que los nutrientes suministrados por la planta sean aprovechados por la fruta. La separación manual de la bellota del racimo de plátano, consiste en cortar el raquis cerca de la última mano. Con esta práctica no sólo se puede prevenir el ataque de enfermedades y plagas que son atraídas por el néctar de las flores, también favorecen el llenado o peso de los frutos. Simultáneamente con esta labor se debe realizar el desflore del racimo, que consiste en retirar la flor de cada dedo, buscando una mejor apariencia y un llenado parejo de la fruta, labor que debe hacerse cuando las manos están paralelas al suelo, cuando la flor tenga un color café; es en este momento donde se encuentra menos pegada al dedo, es una guía para el operador, que finalmente es el responsable palpando cual es el momento que la misma flor permite realizarlo, quitar la flor evita las cicatrices de las manos adyacentes (Belalcázar, 1994).

1.1.6.8 Embolsado del racimo. El embolse es una práctica esencial, que consiste en colocarle al racimo una bolsa plástica perforada, debe ubicarse por encima de la cicatriz de la hoja corbata, o en su defecto, 20 - 25 cm arriba de la primera mano. La bolsa se coloca estilo paraguas, sin que se entorche. Debe quedar colocada de acuerdo al tamaño del racimo, la bolsa puede ser tratada o no con insecticida, con el fin evitar el daño causado por insectos raspadores y chupadores, como *Trigona sp*, *Colaspis spp*, además, de quemaduras en la cáscara ocasionadas por el sol. También, mejora la presencia y calidad del racimo y favorece el proceso de llenado de los frutos; mayor diámetro y longitud de los dedos, al mantener una temperatura superior y constante que la del medio ambiente. Esta labor debe ser selectiva y solo aplicada a los racimos que lo justifiquen, por el incremento en los costos de producción. El embolse debe realizarse tan pronto dobla la bellota, desprendiendo con cuidado la hoja corbata; la hoja placenta se debe doblar hacia atrás y nunca cortarla para evitar la caída de látex al racimo. No cortar las hojas de puyones o de plantas vecinas. La bolsa debe quedar bien distribuida alrededor del vástago de la bellota, en forma de campana, es decir que no quede retorcida para evitar la deformación de la fruta. El embolse debe realizarse periódicamente, junto a esta labor se debe colocar una cinta en cada racimo que indique la fecha de embolse, permite llevar registros que facilitan la cosecha (Aristizábal, 2004).

1.1.7 Ecología del cultivo. Los factores que afectan o favorecen el crecimiento y desarrollo cultivo son los siguientes:

1.1.7.1 Altitud. Influye sobre la duración del período vegetativo, sin embargo la altitud adecuada para la siembra de plátano está desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m. Para las condiciones ecológicas de Colombia, el período vegetativo del plátano se prolonga 10 días por cada 100 m.s.n.m (CORPOICA, 2006).

1.1.7.2 Temperatura. La temperatura óptima para el cultivo de plátano es de 26 ° C. Este factor es el que más afecta la frecuencia de emisión de las hojas y puede alargar o acortar el ciclo vegetativo (Martínez, 2001).

1.1.7.3 Precipitación. Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, requiere de grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo, normal crecimiento y buena producción de 120 a 150 mm de lluvia mensual o 1.800 mm anuales, bien distribuidos. Las raíces del plátano son superficiales, por lo cual la planta se afecta con el más leve déficit de agua. No obstante, el fenómeno de inundación puede ser más grave que el mínimo déficit de agua, dado que se destruyen las raíces y se reduce el número de hojas y la actividad floral (CORPOICA, 2006).

1.1.7.4 Viento. Cuando éste excede los 20 km / h, produce ruptura o rasgado de las hojas, este fenómeno es común en los cultivos de plátano; el daño que involucra el doblamiento de las hojas activas es un riesgo para la producción de la planta (Orozco, 2000).

1.1.7.5 Humedad relativa. Afecta al cultivo en forma indirecta, porque favorece la incidencia de enfermedades foliares en especial las de origen fungoso. La humedad relativa apta para el desarrollo del cultivo está entre 70 % a 80 %, entre 80 % a 90 % es considerada como maderada y no apta mayor al 90 % (Belalcázar y Cayón, 1968).

1.1.7.6 Brillo solar. La luz existente en el trópico es suficiente para el cultivo, pero es factor importante, entre otros, para el desarrollo de las yemas o brotes laterales, por lo que cortas distancias de siembra afectan el crecimiento de éstas y prolonga el ciclo vegetativo. Las musáceas, en su hábitat natural, crecen y se desarrollan satisfactoriamente en condiciones de semipenumbra, esto las protege de algunos problemas fitosanitarios como la sigatoka. La planta necesita de cuatro a seis horas de brillo solar promedio diario anual; si no se logra cumplir con esta condición se afecta el crecimiento de la planta, los dedos salen cortos y las plantas se hacen más altas. (Arcila y Aranzazu, 1999).

1.1.8 Cosecha. Consiste en separar el racimo de la planta madre y que ha completado su madures fisiológica o fenológica. Se considera que el racimo de plátano esta desarrollado totalmente dependiendo de la zona donde se encuentre la plantación; en zonas medias (con temperatura promedio de 20 ° C) y en zona baja (con temperatura promedio de 22 ° C y 24 ° C), el plátano está listo para la cosecha entre los 15 y 18 meses después de la siembra. La edad del corte está dada por condiciones ambientales como precipitación, temperatura, fertilización y condiciones del mercado (CORPOICA, 2006).

1.1.9 Poscosecha. Es la labor que se hace con el plátano una vez cosechado para mejorar su presentación en mostrador, prolongar el tiempo de verde, quitar la manchas ocasionadas durante la cosecha y evitar el ataque de hongos en el pedúnculo, es decir, en el sitio donde van los plátanos en el raquis.

En el empaque del producto se seleccionan los frutos de acuerdo a su tamaño y apariencia externa; esta clasificación se realiza de acuerdo a la NTC 1190 de INCONTEC. Existen diferentes tipos de acuerdo, al mercado de destino, uno de los métodos más utilizados es el de la canastilla plástica, con una capacidad de 18 a 22 kg de peso, con la ventaja de ser resistente al transporte, lavable y reutilizable, la desventaja es el costo de su retorno a la unidad productiva, además corre el riesgo de pérdida y no es biodegradable.

1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS Y CALIDAD DE LOS FRUTOS

En los últimos tiempos se ha constatado un incremento significativo del interés de los productores, comercializadores y consumidores por la calidad de los productos agrícolas. La diferenciación del productor se ha convertido en una de las más potentes estrategias comerciales a la hora de aplicar la política de precios. Los parámetros de diferenciación se vuelven cada día más complejos (Muller, 1973).

En el caso de las frutas y hortalizas, del calibre o el color se ha pasado a variables texturales y de firmeza, ambas pertenecientes al ámbito de las propiedades mecánicas; la firmeza se emplea como indicador de la calidad de los productos agrícolas y en especial de los frutos, pero tiene también una importancia decisiva en la resistencia a daños mecánicos durante la recolección, manipulación y el transporte hasta el consumidor (Buitrago, 2004).

Es importante resaltar que la reología es la ciencia que estudia la deformación y el flujo en cuerpos sometidos a cargas. La Mecánica es la parte de la física que estudia las fuerzas y el movimiento. Las propiedades reológicas sean también denominadas propiedades mecánicas. Según Barreiro y Ruiz (1996), las propiedades reológicas se pueden clasificar en.

1.2.1 Propiedades cuantitativas. Este tipo de propiedades se clasifican en.

1.2.1.1 Deformación unitaria. Es el cambio de tamaño o forma de un cuerpo referido a su tamaño o forma original.

1.2.1.2 Tensión. Es la intensidad en un punto de un cuerpo de las fuerzas internas o componentes de dichas fuerzas que actúan sobre un determinado plano que contiene dicho punto (N / mm^2).

1.2.1.3 Resistencia. Es la tensión máxima que un material es capaz de soportar (N / mm^2); tensión de compresión, de tracción o de esfuerzo cortante. La resistencia a compresión, tracción o corte se calcula a partir de la carga, máxima durante un ensayo de

compresión / tensión llevado a cabo hasta la rotura/corte o torsión, y del área de la sección transversal inicial.

1.2.1.4 Limite elástico. Es la tensión máxima que un material puede soportar sin mostrar deformación unitaria permanente al eliminar completamente el origen de la tensión (N / mm^2).

1.2.1.5 Punto de rotura. Es el punto de la curva fuerza - deformación o tensión - deformación unitaria para el que se produce una rotura en la macro estructura del espécimen (N, m) o (N / mm^2).

1.2.1.6 Deformación permanente. Es la deformación unitaria restante tras la completa eliminación de la carga causante de la deformación; también se denomina deformación plástica.

1.2.1.7 Modulo de elasticidad o Modulo de Young. Es característico de cada material y es independiente de la forma y tamaño de la muestra empleada en su medición. Es un indicador de la resistencia que tiene un material sometido a un esfuerzo de tensión o compresión y se interpreta como la máxima fuerza que se puede aplicar al material sin romperlo, sus unidades son (N / mm^2) (Pytel y Singer, 1994).

1.2.1.8 Grado de elasticidad. Relación entre la deformación elástica y la suma de las deformaciones elástica y plástica, determinada cuando un material es sometido a una carga y posteriormente descargado hasta la total eliminación de la misma.

1.2.1.9 Grado de plasticidad. Relación entre la deformación plástica y la suma de las deformaciones elástica y plástica determinada cuando un material es sometido a una carga y posteriormente descargado hasta la total eliminación de la misma. Es la magnitud complementaria al grado de elasticidad.

1.2.1.10 Indeformabilidad (Stiffness). Está definida por la pendiente de la primera porción lineal de la curva fuerza deformación (N / mm). La relación tensión deformación unitaria en la región más o menos elástica de la curva puede ser asociada al modulo de elasticidad o modulo de Young, como ya se ha indicado anteriormente.

1.2.1.11 Presión de turgencia (N / mm). También denominada turgor o turgescencia, mide el estado de hidratación de un material biológico.

1.2.2 Propiedades cualitativas. Estas propiedades se clasifican en.

1.2.2.1 Textura. Es un término general de calidad, que describe la percepción en la boca, las características que tienen que ver con el sentido del tacto, propiedades cinestéticas o manifestación de las propiedades reológicas. Integra magnitudes reológicas (grado de elasticidad y de plasticidad), junto a otras de carácter cualitativo para las que no existen definiciones claras (firmeza, dureza).

1.2.2.2 Elasticidad. Capacidad de un material de sufrir deformación elástica o recuperable. Puede determinarse a través del ensayo de carga / descarga y cuantificarse a través del grado de elasticidad.

1.2.2.3 Plasticidad. Capacidad de un material de sufrir deformación plástica o no recuperable. Puede ser determinada a través del ensayo de carga / descarga y cuantificarse a través del grado de elasticidad y su opuesto, el grado de plasticidad.

1.2.2.4 Firmeza. La firmeza mide la resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte; depende del momento y método de recolección y de la temperatura de almacenamiento. La firmeza puede determinarse a través de distintas magnitudes, como la resistencia a rotura, el modulo de elasticidad, la indeformabilidad (o prueba de Stiffness) o cualquier otra magnitud proporcional a las anteriores, aunque el método normalizado de determinación de la firmeza es a través de una medida de resistencia (ensayo de penetración Magness-Taylor) (Kramer, 1984). En general los ensayos tradicionales de firmeza miden la fuerza que opone un material biológico al ser perforado o comprimido hasta cierta profundidad y deformación (Buitrago et al. 2004).

1.3 EMPAQUES SINTÉTICOS

Los empaques sintéticos se han desarrollando por parte de la industria química desde las primeras décadas del siglo XX, teniendo un máximo impulso durante la II Guerra Mundial. Debido a su utilidad, el crecimiento de la industria del plástico ha sido muy elevado, generando avances, innovaciones y satisfacción de infinidad de necesidades, razones que los convierten en materiales de consumo masivo que está presente en gran cantidad de artículos (ACOPLASTICOS, 2002).

Los empaques sintéticos son materiales fabricados con resinas (polímeros) sintéticas, que se producen generalmente, a partir de recursos no renovables como gas y el petróleo. Del total del petróleo usado, el 7 % se destina para la industria petroquímica: de esta cantidad el 4 % se utiliza para la producción de empaques sintéticos y el 3 % para otros usos. Los empaques sintéticos tienen múltiples usos y por lo tanto un alta demanda en la actividad cotidiana humana (ACOPLASTICOS, 2002).

Los empaques sintéticos se dividen en dos categorías: termoplásticos que son materiales que se pueden fundir con calor, pueden ser procesados varias veces según el mismo o un diferente proceso de transformación. La segunda categoría son los termófilos o termoestables, que son plásticos que una vez moldeados por uno de los procesos usuales de transformación, no pueden modificar su forma y resisten el calor hasta que finalmente llegan a degradarse. Dentro de la gran variedad de resinas termoplásticas, apenas seis representan el 90 % del consumo: PEBD (polietileno de baja densidad), PEAD (polietileno de alta densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno), PVC (polivinilcloruro), PET (polietileno tereftalato) (ASIPALA, 2010).

1.3.1 Uso de los empaques sintéticos. La relativa baja densidad de los empaques sintéticos significa que la mayoría de los productos que se fabrican con ellos son de bajo peso, también tienen excelentes propiedades térmicas y de aislación eléctrica. Sin embargo, algunos pueden hacerse conductores de electricidad si así la aplicación lo demanda. Son resistentes a la corrosión y a la intemperie, su resistencia a diversos factores químicos y biológicos que afecta a otros materiales y en buena medida, su bajo costo. Algunos son transparentes, lo que permite su uso en aplicaciones de grado óptico, son también fáciles de moldear en formas complejas, permitiendo su integración con distintos materiales y aplicaciones. Y en el caso que las características naturales del plástico no permitan alcanzar las exigencias, sus propiedades se pueden modificar mediante aditivos de refuerzo mecánico, pigmentos de coloración, agentes espumantes, retardantes a la llama (CCAD, 2009).

Por estas razones y muchas otras más, los plásticos se usan en áreas como: empaque y envasado, vivienda y construcción, transporte, electricidad y electrónica, agricultura, medicina, deportes entre muchos más usos. Al ser los empaques sintéticos materiales hechos por el hombre, cualquier combinación de propiedades puede ser desarrollada para amoldarse a casi cualquier aplicación que se pueda imaginar.

1.3.2 Problemática del uso de los empaques sintéticos. La problemática generada por su uso intensivo radica en su elevada generación de residuos y contaminación del medio ambiente, debido a que son materiales no biodegradables formados por macromoléculas de gran estabilidad estructural, fabricadas a partir de sustancias derivadas del petróleo, pueden tardar en degradarse más de medio siglo; los empaques sintéticos son muy resistentes a las agresiones del medio, son livianos en comparación con otros materiales utilizados para los mismos fines y son de bajo costo debido a su alta producción a escala industrial, características que los hacen productos de alta demanda por las empresas y los consumidores finales (ANAIP, 1991).

Sin embargo, algunas de estas propiedades, que son favorables desde el punto de vista de las aplicaciones que los empaques sintéticos pueden tener, han resultado inconvenientes para el manejo de los desechos que se generan con el uso creciente de estos materiales. La basura generada por las actividades humanas hasta mediados del siglo XX consistía principalmente en desechos biodegradables o reciclables. Al incorporarse el plástico a la vida cotidiana, una parte considerable de los desechos

producidos comenzó a acumularse en el ambiente, precisamente por la resistencia de los plásticos empaques sintéticos a la corrosión, la intemperie y la degradación por microorganismos (biodegradación) (Cristián y Gavilán, 2003).

Anualmente se producen varios millones de toneladas de empaques sintéticos en el mundo. La degradación de los empaques sintéticos es muy lenta. Como ejemplo, la descomposición de productos orgánicos tarda de tres a cuatro semanas, la de telas de algodón cinco meses, mientras que la del plástico puede tardar 500 años. Además, en buena medida la “degradación” de estos empaques sintéticos simplemente genera partículas más pequeñas que, a pesar de no ser evidentes, se acumulan en los ecosistemas. Al respecto, estudios recientes sobre la presencia de “microplásticos” o fragmentos de plástico de tamaño inferior a cinco milímetros, muchos de ellos de origen desconocido pero que probablemente provienen de la fragmentación de objetos de empaques sintéticos más grandes, han demostrado que éstos se están acumulando de forma considerable en los mares.

En arena de playas y estuarios son muy abundantes los microfragmentos de acrílico, polipropileno, polietileno, poliamida (nylon), poliéster, polimetacrilato. La presencia de estos plásticos en los mares es variable, pero hay reportes de abundancia de tres a cinco kg / km, con registros de hasta 30 kg / km², cantidad que aumenta considerablemente cada año (Moore, 2001).

La existencia de residuos de empaques sintéticos en los mares es más que un problema estético, pues representa un peligro para los organismos marinos que sufren daños por ingestión y atragantamiento. Se calculan en cientos de miles las muertes de mamíferos marinos al año por esta causa. En aves se determinó que 82 de 144 especies estudiadas contenían fragmentos de plástico en sus estómagos y en algunas especies hasta el 80 % de los individuos los presentan (Moore, 2001).

Además, se ha demostrado que los plásticos acumulan compuestos químicos tóxicos como los bifenilos policlorados, el diclorodifenil dicloroetano y los nonifenoles, que no son muy solubles en agua y por esta razón se adhieren y se acumulan en los plásticos. Así, los fragmentos de plástico funcionan como transporte de contaminantes a los mares (CCAD, 2009).

La problemática generada por el uso indiscriminado de empaques sintéticos y su persistencia en el ambiente ha estimulado la investigación para el desarrollo de nuevos materiales y métodos de producción que permitan generar empaques que presenten las mismas propiedades pero que tengan un periodo de degradación más corto.

1.3.3 Los empaques sintéticos en la agricultura. Desde la aparición de la agricultura, hace unos 10.000 años, las prácticas agrícolas han aumentado en extensión, sofisticación

e intensidad. La producción tradicional de alimentos no produce generalmente problemas ambientales, sin embargo las nuevas técnicas de producción intensiva vegetal y animal, incluida la modificación genética y la utilización de sustancias de síntesis, contribuyen a generar serios problemas ambientales y de salud (ACOPLASTICOS, 2002).

Aunque la agricultura se percibe como una actividad “limpia”, en el cultivo intensivo se enmascaran fuentes de contaminación similares a la industria, con el agravante de que la agricultura está mucho más generalizada (GILLAND, 1993).

Una aplicación de particular valor para nuestro país es el desarrollo de empaques sintéticos flexibles, rígidos y activos, usados durante la precosecha y poscosecha de frutas y hortalizas (FAO, 1998). El plátano y las flores son de particular importancia por el impacto en la economía del país, pues el valor bruto de su producción los ubica en los primeros lugares de los cultivos de generación de riqueza y empleo. En Colombia muchas personas de las zonas rurales trabajan directamente en estas industrias y esas personas a su vez sostienen a otras industrias y trabajadores que se ven beneficiadas indirectamente.

1.3.3.1 El empaque sintético en el cultivo de plátano. En el área agrícola, especialmente en el cultivo de plátano, el uso diario de empaques sintéticos es muy común, especialmente en el recubrimiento o embolsado de los racimos durante un periodo de tiempo relativamente corto con el objetivo de crear dentro de la bolsa un microclima favorable que aumenta el tamaño (largo y grosor) y peso de la fruta, mejora la apariencia (color y brillo), protección del racimo contra plagas, productos químicos, radiación solar y del roce con las hojas (Méndez, 2004).

El manejo y la disposición final que se realiza en las unidades productivas con estos empaques sintéticos, crearon problemas serios con el medio ambiente al no degradarse fácilmente, se ha ido depositando en el suelo a diferentes profundidades, ocasionando impactos y efectos negativos sobre el desarrollo del cultivo y sobre las condiciones físico – químicas del pedosistema (relación entre suelo y clima), por pérdida de permeabilidad e infiltración, y por consiguiente disminuyendo el drenaje interno y favoreciendo el encharcamiento que contribuye a la erosión superficial, lavado de nutrientes y contaminación de cuerpos de agua (Mejía y Gómez, 2010).

Estos insumos, después de haber sido utilizados en el proceso se convierten en desechos de posconsumo, no biodegradables que causan un efecto negativo e el ambiente al no brindarles un manejo adecuado. Entre las causas posibles de la problemática de de estos desechos en los cultivos de plátano, es la falta de elementos sustitutos que puedan cumplir las mismas funciones, competir con costos y rentabilidad y lo más importante, es que sean biodegradables. Además falta fomentar técnicas industriales, administrativas, gerenciales y de apreciamiento con el medio ambiente (Mejía y Gómez, 2010).

Para contribuir con la solución a la contaminación del ambiente en las plantaciones de plátano y banano, se ha impulsado a la búsqueda de sustitutos biodegradables, fácilmente adaptables a las tecnologías existentes usadas en la producción de empaques sintéticos, más promisorias, la idea es desarrollar empaques que una vez descartados como basura orgánica se degraden y se integren a la biomasa (materia viva producida en un área de la superficie terrestre), dentro de los cuales el almidón es una de las alternativas (Tharantahan, 2003).

1.3.3.2 Bioplásticos. Se define como el material polímero fabricado a partir de recursos renovables (por ejemplo, azúcares, almidón, celulosa, patatas, cereales, melazas, entre otros.), que no es fósil, que se degrada rápidamente, se puede compostar y es sintetizado con energía renovable (Demigroz *et al.*, 2000).

A la hora de trabajar con estos materiales y desarrollar nuevos productos se debe tener en cuenta las características de un empaque sintéticos normal, que pueda pasar por procesos de moldeo, extrusión, soplado, además de tener la resistencia, rigidez y demás cualidades presentes en los empaques sintéticos pero, de origen natural. Sin embargo su utilización es enfocada a productos de vida útil corta por su baja resistencia a la acción de los microorganismos en aplicaciones a la intemperie y en productos de larga vida útil. Cabe resaltar también que lo que se aprovecha generalmente son los residuos de estos recursos que se encuentran fácilmente en la naturaleza y que se renuevan. Esto hace que las ventajas sean mayores puesto que no solo se reducen impactos ambientales sino que se termina con todo el ciclo de vida tanto de las materias primas como de los productos, aprovechando así hasta los residuos orgánicos (Demigroz *et al.*, 2000).

Los empaques biodegradables a partir del almidón de yuca con propiedades similares a los empaques sintéticos, pero que se biodegradan completamente en un periodo razonable, se han convertido en una alternativa para mitigar alteraciones ambientales, y así preservar zonas de singular riqueza ecológica, de excepcional biodiversidad, como también áreas de producción agrícola. Por ello se hizo necesaria la evaluación de un empaque biodegradable a partir de almidón modificado de yuca con adición de capsaicina sobre el fruto de plátano Dominicano Hartón.

1.4 ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta que no existía información sobre la tendencia de desarrollo del racimo de plátano Dominicano Hartón en el área (Finca La Sultana) ni en la zona (municipio de Timbío) de estudio, se estimó previamente entre los meses de marzo y agosto de 2011, en 60 plantas, la tasa de desarrollo de racimos embolsados con empaque plástico convencional y sin embolsar, con el fin de determinar la tendencia natural de las variables de desarrollo establecidas como: manos efectivas, longitud del nudo (cicatriz de la hoja capote) a mano final, longitud de la curvatura exterior del quinto y sexto dedo medidos desde el extremo distal o pedúnculo hasta el extremo proximal, diámetro del quinto dedo (situado en la segunda fila de la mano) y diámetro del sexto dedo (situado en la primera

fila de la tercera mano), en plantas que presentaron diferente estado de fructificación, cuyos resultados se presentan a continuación.

1.4.1 Manos efectivas. Se registro entre seis y siete manos efectivas por racimo; (manos que dan origen a frutos o dedos viables en longitud y diámetro). Corroborando los valores encontrados por Aristizábal y Jaramillo (2010). Belalcázar *et al.*, (1994), establece que el plátano Dominico Hartón presenta de ocho a diez manos y siete a nueve manos efectivas. Así mismo Espinosa *et al.* (1998) y Cayón *et al.* (1998), indican que este mismo clon presenta de ocho a once manos, incluyendo las falsas.

1.4.2 Número de dedos. Se registró entre once y doce dedos por mano efectiva; estos valores fueron superiores, a los reportados por Belalcázar *et al.*, (1994) y Cayón, (1995) quienes establecen de seis a ocho dedos por mano. Por otra parte Herrera y Aristizábal (2002) en Palestina Caldas, encontraron entre nueve y once dedos por mano, acercándose a estos, los valores obtenidos en la finca La Sultana.

1.4.3 Longitud de los dedos. La longitud máxima del quinto y sexto dedo de la tercera mano se encontró entre 26 y 27 cm respectivamente, ratificando lo reportado por Espinosa *et al.* (1998), y acercándose a los valores obtenidos por Arcila *et al.* (2002), quienes reportan entre 23.2 y 28.5 cm, y Belalcázar *et al.*, (1994) 28 cm de longitud.

Se pudo determinar que la tendencia de esta variable se ajustó a un modelo logarítmico ($r^2 = 0,79$), mostrando mayor desarrollo hasta la segunda semana, equivalente a 1,40 cm / día y 1,36 cm / día respectivamente, valores que representan un incremento de 73,11 % y 72,92 % de la longitud total. La prueba de t ($\alpha = 0.05$) detectó 2,7 % mas longitud en el quinto dedo, frente al sexto dedo y distribución uniformemente en la mano.

1.4.4 Diámetro de los dedos. Se encontró que el diámetro máximo para el quinto y sexto dedo de la tercera mano osciló entre 4 y 5 cm respectivamente. Valores semejantes a los obtenidos por Barrera *et al.* (2007), quienes reportaron diámetros de 4,3 y 4,9 cm y Arcila *et al.* (2002) 4,3 y 5,1 cm de diámetro en dedos, ajustándose esta variable a un modelo logarítmico ($r^2 = 0,86$), que muestra un mayor incremento hasta la segunda semana, equivalente a 0,207 cm / día y 0,202 cm / día respectivamente, valores que representan un desarrollo de 65,02 % y 69,30 % con respecto al diámetro total alcanzado. Se estableció también mediante prueba de t ($\alpha=0.05$) 8,5 % mas diámetro en el quinto dedo frente al sexto dedo.

1.4.5 Longitud y peso de los racimos. Se observó que los racimos presentaron una longitud máxima de 68 cm desde el nudo hasta la mano final, cuya tendencia se ajustó a un modelo logarítmico ($r^2 = 0,94$), mostrando mayor crecimiento hasta la segunda semana equivalente a 2,31 cm / día, equivalente a un 47,71 % del total de la longitud alcanzada. En cuanto al peso de los racimos en el momento de la cosecha (112 días después de la floración) osciló entre 12 y 18 kg, valores semejantes a 13 - 17 kg reportados por Belalcázar *et al.*, (1994).

2. METODOLOGÍA

2.1 UBICACIÓN

La investigación que estimó la influencia del empaque biodegradable obtenido por extrusión soplado, a partir de almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) con y sin adición de capsaicina, sobre características físicas y contenido de almidón del fruto de plátano Dominico Hartón (*Musa AAB* Simonds), se desarrolló en la finca La Sultana de propiedad de la Universidad del Cauca, ubicada en la vereda Urubamba del municipio de Timbío (Cauca) cuya altura promedio es 1780 m.s.n.m, precipitación de 2010 mm anuales, temperatura de 18 °C, humedad relativa promedio de 78 % y 1800 horas de brillo solar año, posee suelos francos arenosos con buena permeabilidad (Estación meteorológica Manuel Mejía, El Tambo, Cauca, 2011).

2.2 SELECCIÓN DEL LOTE

Para el cumplimiento de los objetivos, se escogió un lote con plátano Dominico Hartón, con edad aproximada de seis años y manejo convencional, donde se dispuso de 12 unidades de plátano en buen estado, que iniciaron proceso de fructificación las cuales fueron debidamente distinguidas por cinta de color rojo, como lo muestra la figura 1. Sobre ellas se planteó un diseño Completamente al azar 4 x 3, donde cuatro fueron los tratamientos y tres las repeticiones. Los tratamientos empleados fueron: racimos embolsados con empaque plástico convencional (tres plantas), empaque biodegradable con capsaicina (tres), empaque biodegradable sin capsaicina (tres) y no embolsadas (tres).

Figura 1. Planta seleccionada por su buen estado



Según lo anterior, García y Mesa (2010), especificaron que para determinar el estado de la planta se asumen como características el perímetro del pseudotallo de 50 a 70 cm

(tomado a un metro de la base de la planta) y el vigor, representado en la calidad del follaje.

2.3 EFECTO DEL EMPAQUE BIODEGRADABLE SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RACIMOS

Mediante variables como: longitud del nudo (cicatriz de la hoja capote) a mano final, longitud de la curvatura exterior del quinto y sexto dedo medidos desde el extremo distal o pedúnculo hasta el extremo proximal, diámetro del quinto dedo (situado en la segunda fila de la mano) y diámetro del sexto dedo (situado en la primera fila de la tercera mano), se evaluó el efecto del empaque biodegradable sobre el desarrollo del racimo de plátano Dominico Hartón, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Medición de variables para determinar el efecto del empaque biodegradable sobre el desarrollo de los racimos 1: a) Nudo a mano final, b) Longitud del quinto y sexto dedo de la tercera mano, c) Diámetro del quinto y sexto dedo de la tercera mano



Las variables anteriormente referidas se determinaron, mediante el uso de una cinta métrica de 100 cm, un calibrador Vernier digital, con rango de medición entre 0 – 150 mm / 0 – 6 pulg, además el embolsado de los racimos se efectuó veinte días después de la floración, conjuntamente se les realizó el desbellote y desmane.

2.3.1 Grado de protección del empaque biodegradable. Igualmente se evaluó la protección del empaque biodegradable en el racimo de plátano contra el ataque de plagas

Para la evaluación se escogió doce plantas cuyos racimos fueron embolsados con empaque plástico convencional (tres plantas), empaque biodegradable con capsaicina (tres), empaque biodegradable sin capsaicina (tres) y no embolsadas (tres), mediante muestreos semanales se les determinó el porcentaje de incidencia de daños en los frutos mediante la fórmula:

* N^o de dedos evaluados = total de los dedos del racimo.

Además, se realizó una descripción general de las especies que causaron daños a los frutos, cabe decir que no se tuvo en cuenta el grado de infestación de cada una de ellas.

2.4 PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO

Para aquellos racimos con 110 días cumplidos después de la floración (DDF), embolsados con empaque biodegradable, empaque convencional y sin embolsar; se les evaluó propiedades mecánicas y contenido de almidón como: resistencia (N / mm²), firmeza (N / mm) y porcentaje de almidón. Los plátanos para estas pruebas se seleccionaron por tamaño, forma y estados de maduración. La evaluación de los estados de maduración de los frutos se realizó de acuerdo a la escala propuesta por Von Loesecke (1950) para banano 'Gross Michel' y adaptada por Cayón *et al.*, (2000) para plátano 'Dominico Hartón', que describe los estados verde oscuro (V), verde claro (VC), verde amarillo (V-A), amarillo (A) y muy amarillo (M-A). De cada racimo se seleccionaron dos frutos (5 y 6 dedo) de la tercera mano, en estado verde oscuro.

Las pruebas mecánicas se realizaron en el laboratorio de Reología, Textura y Empaque de la Universidad del Cauca; haciendo uso del analizador universal (Kluwer Academic/Plenum, Publihers, Nueva York, 2003) y usando el software Trapezium 2, v. 2.3

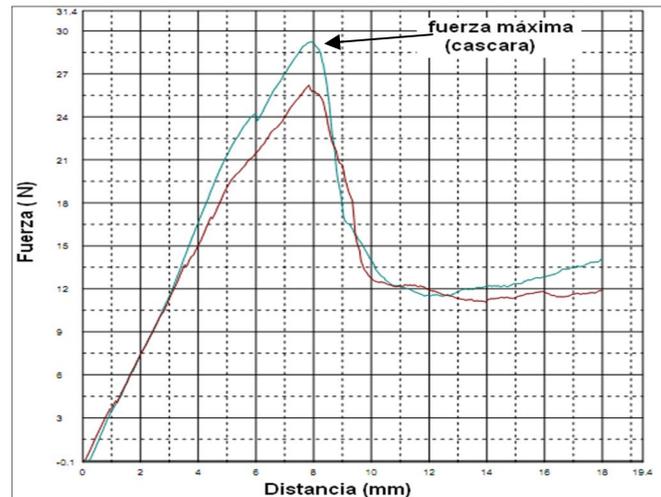
2.4.1 Prueba de firmeza. La firmeza de las muestras se determinó a partir de una prueba de compresión unidireccional usando un eje cilíndrico de acero inoxidable de diámetro de 2 mm, a una velocidad de deformación de 6 mm / s y distancia de deformación de 18 mm (Figura 3). Las muestras fueron penetradas a una distancia del 50 % de su diámetro.

Figura 3. Prueba de firmeza por compresión unidireccional en plátano Dominico Hartón



A partir de la gráfica fuerza – distancia, obtenida mediante el software Trapezium 2, v. 2.3, se obtuvo la fuerza máxima requerida para penetrar la cáscara del plátano (Figura 4).

Figura 4. Curva de fuerza máxima requerida para penetrar la cáscara de plátano Dominico Hartón



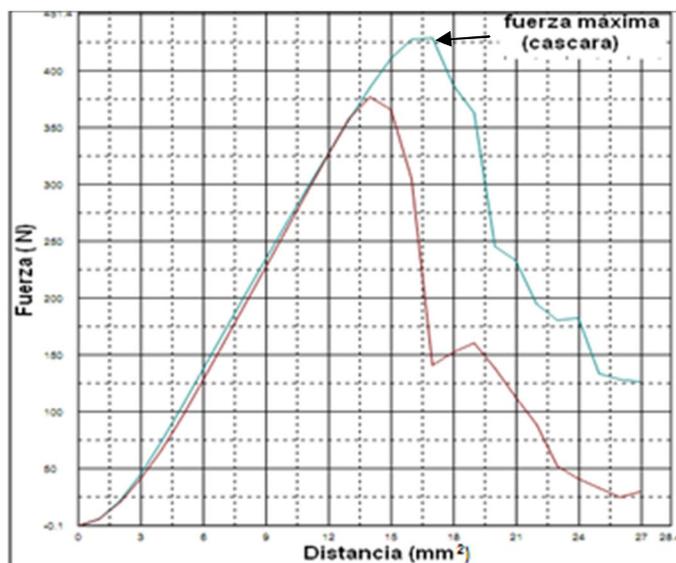
2.4.2 Prueba de resistencia. La resistencia a la compresión se determinó mediante el módulo de elasticidad o Módulo de Young, adaptado por Velásquez *et al.*, (2005), en banano Cavendish Valery. Usando muestras cilíndricas de pulpa con longitud del doble del diámetro, las cuales fueron sometidas a carga axial mediante un plato de 100 mm de diámetro y a una velocidad de deformación de 2 mm / s (Figura 5).

Figura 5. Prueba de resistencia en plátano Dominico Hartón



A partir de la gráfica fuerza – distancia (deformación) obtenida mediante el software Trapezium 2, v. 2.3, se obtuvo la fuerza máxima requerida para deformar la muestra del plátano (Figura 6).

Figura 6. Curva de fuerza máxima requerida para deformar muestras de plátano Dominic Hartón



2.4.3 Determinación de la concentración de almidón por vía húmeda. Para el desarrollo de esta prueba se adoptó el método de extracción de almidón por vía húmeda (Flores-Gorosquera *et al.*, 2004; Cabrera M. *et al.*, 2007) que consistió básicamente en triturar la pulpa y retirar en medio líquido aquellos componentes relativamente más grandes; como la fibra, utilizando tamices de diferentes calibres. Posteriormente se facilitó la eliminación del agua por decantación y se lavó el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón. El método húmedo consta de las siguientes etapas (Figura 7):

- **Selección, pesado y lavado:** se procedió a separar dos frutos de plátano que cumplieran con los criterios de sanidad, se verificó el peso y se lavó con agua potable.
- **Pelado:** se llevó a cabo la separación de la cascara de la pulpa, de forma manual con la ayuda de un cuchillo.
- **Rebanado:** se procedió a cortar la pulpa en pequeños trozos.
- **Maceración:** los pequeños trozos de pulpa, se tritaron en una licuadora (Samurái Vitalité), con 250 ml de agua destilada, a velocidad máxima por dos minutos.
- **Tamizado:** el producto que se obtuvo denominado lechada, se lavó y se pasó por dos coladores para retirar impurezas.
- **Decantación:** la suspensión obtenida se depositó en un recipiente y se dejó en reposo durante 24 horas, posteriormente se eliminó el sobrenadante. El precipitado resultante (almidón húmedo) se lavó con agua destilada y se coló una vez más.

- **Secado:** el almidón húmedo obtenido se lleva a deshidratar en un secador de bandejas a una temperatura constante de 40 ° C por un tiempo de 12 horas.

Figura 7. Procedimiento para extracción de almidón por vía húmeda. a) Selección, pesado y lavado, b) Pelado, c) Rebanado, d) Maceración, e) Tamizado, f) Decantación, g) secado



Posteriormente el almidón obtenido fue pesado en una balanza analítica con precisión de cuatro dígitos, seguidamente se determinó el contenido de almidón en la pulpa.

Para la realización de estas pruebas se efectuaron ocho repeticiones por tratamiento utilizando dos frutos (quinto y sexto dedo de la tercera mano) de racimos embolsados con empaque convencional, empaque biodegradable con y sin capsicina, y racimos sin ningún tipo de empaque.

2.5 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente mediante pruebas de varianza y de promedios para establecer si hubo o no diferencias significativas entre los tratamientos establecidos y estimación de correlaciones para determinar el grado de relación entre las variables.

3. RESULTADOS

3.1 EFECTO DEL EMPAQUE BIODEGRADABLE SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RACIMOS

Entre el 17 de septiembre y el 20 de diciembre de 2011 y durante 110 días, se evaluó el desarrollo de los racimos bajo influencia de los empaques biodegradables mediante tres mediciones (septiembre 17, octubre 21 y diciembre 20), para ello se evaluó cuatro tratamientos; racimos sin empaque (sb), racimos con empaque convencional (ec) y racimos con empaque biodegradable con capsaicina (cc) y sin capsaicina (sc). Obteniéndose los siguientes resultados.

3.1.1 Desarrollo general. En términos generales los racimos desarrollaron en promedio 7,4 manos efectivas, 11 dedos por mano efectiva, una longitud promedio de 50,4 cm desde el nudo hasta la mano final, entre 18 y 24,7 cm de longitud máxima en el quinto y entre 17 y 25 cm para el sexto dedo de la tercera mano y un diámetro máximo que osciló entre 3 y 4 cm para los mismos dedos respectivamente y los pesos obtenidos de los racimos oscilaron entre 8 y 16 kg.

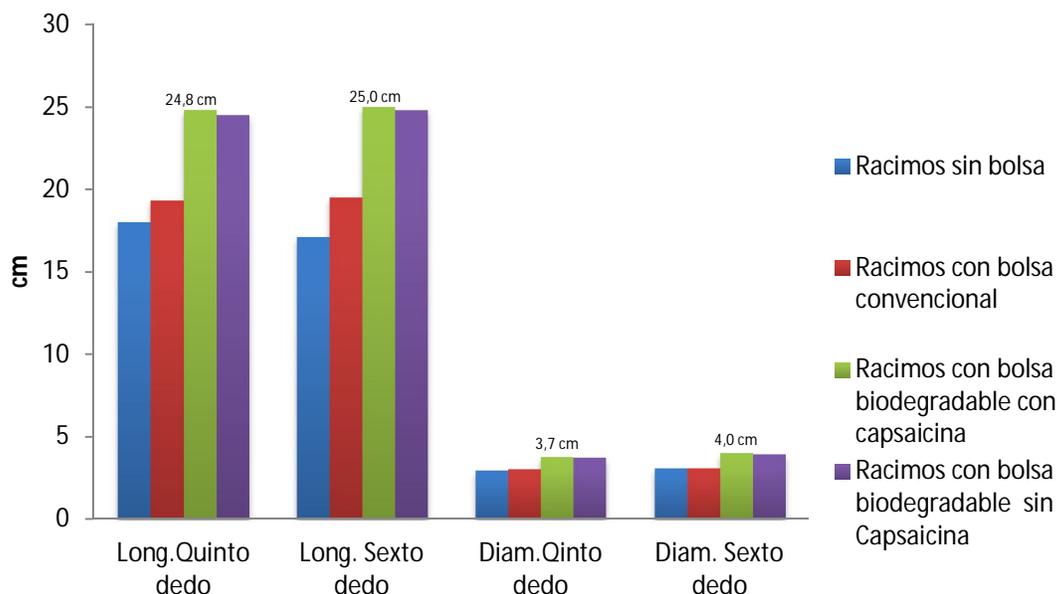
3.1.2 Desarrollo por tratamiento. En la cuadro 3, se presentan los resultados obtenidos al evaluar el desarrollo de los racimos, bajo la influencia de los cuatro tratamientos; racimos sin empaque (sb), racimos con empaque convencional (ec) y racimos con empaque biodegradable con capsaicina (cc) y sin capsaicina (sc). durante tres mediciones,

Cuadro 3. Desarrollo de los racimos de plátano Dominico Hartón por tratamiento

Fecha de medición	Tratmto	Long. 5to dedo (cm)			Long. 6to dedo (cm)			Diam. 5to dedo (cm)			Diam. 6to dedo (cm)		
		Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Septiembre 2011	sb	16,2	18,2	16,8	16,9	18,5	17,0	2,66	2,76	2,67	2,71	2,83	2,94
	ec	17,2	15,4	16,3	19,4	16,3	16,9	2,67	2,81	2,85	2,84	2,91	3,01
	cc	20,4	18,8	17,5	19,6	19,1	18,4	3,19	3,41	2,95	2,88	2,9	2,96
	sc	18,3	18,6	17,1	21,5	21,5	17,4	3,06	2,7	2,82	2,76	2,86	2,95
octubre 2011	sb	16,9	18,8	17,1	17,5	19,1	17,3	2,93	2,98	2,99	3,15	3,2	3,01
	ec	18,4	16,7	17,2	19,9	17,2	17,9	2,92	3,02	3,13	3,03	2,87	3,15
	cc	22,6	24,5	23,4	23,5	23,7	23,7	3,76	3,81	3,62	3,43	3,34	3,31
	sc	22,0	22,6	22,0	23,0	24,2	23,0	3,42	3,68	3,42	3,26	3,48	3,26
diciembre 2011	sb	17,2	19,1	17,4	19,3	18,5	18,2	3,10	3,21	3,12	3,24	3,29	3,32
	ec	18,9	17,1	18,1	22,7	20,3	18,8	3,21	3,27	3,21	3,33	3,320	3,34
	cc	24,3	24,7	24,8	26,3	25,7	25	3,90	3,87	5,3	3,73	3,55	5,4
	sc	27,5	22,8	23,9	24,5	24,5	24,8	4,15	5,2	3,75	3,76	5,5	3,86

Al someter los datos obtenidos durante las tres mediciones (cuadro 3) a análisis de varianza (ANAVA $\alpha = 0,05$), se estableció que: en la primera evaluación (septiembre) no se presentó diferencias significativas en longitud y diámetro, del quinto y sexto dedo de la tercera mano entre los tratamientos (Anexos A-D), sin embargo, para la segunda y tercera medición (octubre y diciembre) se encontró diferencias significativas en las variables ya mencionadas (Anexos E-H y I-L). Por tanto la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$ Anexos M, N), indicó que los mayores promedios en longitud y en diámetro del quinto y sexto dedo tanto en la segunda como en la tercera medición se lograron en los tratamientos con empaque biodegradable (con y sin capsaicina) como se observa en la figura 8. Lo anterior indicó que el empaque biodegradable favoreció las variables longitud y diámetro de quinto y sexto dedo de la tercera mano. Igualmente se observa las diferencias de crecimiento en porcentaje de las variables longitud y diámetro entre los tratamientos; siendo los racimos sin ningún tipo de empaque los que más diferencias presentaron, tanto en longitud y diámetro de los dedos, seguido de los racimos embolsados con empaque convencional y finalmente los racimos bajo empaque biodegradable sin capsaicina. Estos porcentajes se presentaron tomando como referencia los racimos embolsados con empaque biodegradables con capsaicina, los cuales presentaron el mayor diámetro y longitud de los dedos.

Figura 8. Promedios de crecimiento en longitud y diámetro del 5to y 6to dedo en los cuatro tratamientos



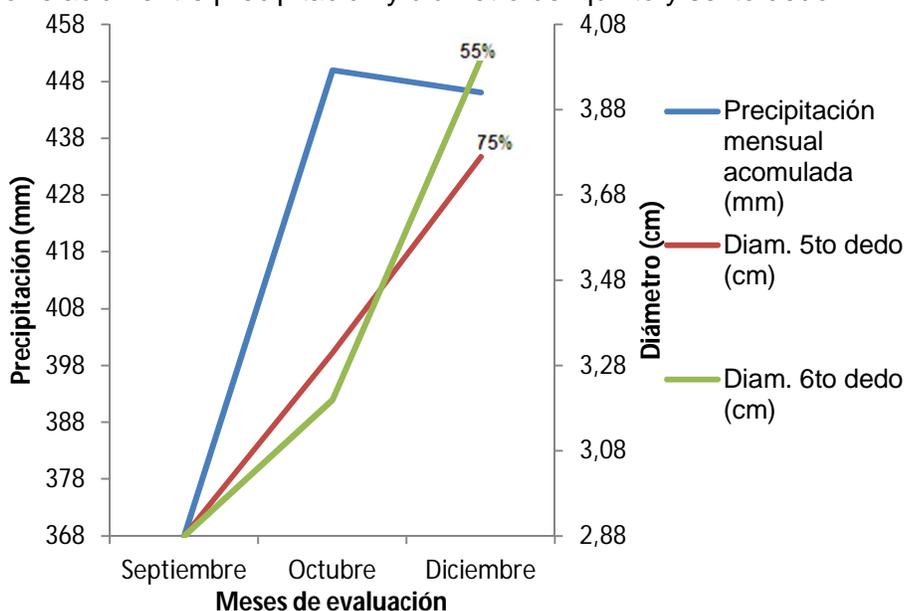
Mediante la prueba de t ($\alpha = 0.05$), se estableció comparación entre los resultados obtenidos para el quinto y sexto dedo, por los empaques con y sin capsaicina, el cual indicó que los promedios no presentaron diferencias significativas (Anexos O, P). Lo que permitió inferir que la sustancia activa utilizada no mostró influencia sobre las variables longitud y diámetro del quinto y sexto dedo.

El efecto positivo encontrado por los empaque biodegradables sobres las variables puede explicarse porque el empaque utilizado en el embolsado de los racimos presentaba un diámetro cuatro veces mayor (1 mm), comparado con el empaque convencional, lo cual pudo favorecer el incremento de la temperatura en el interior de la bolsa, beneficiando el aumento en longitud y diámetro del quinto y sexto dedo. Estudios realizados por Cubillo *et al.*, (2003), demostraron que el uso de fundas biodegradables para la protección de racimos de banano, incrementaban el peso de los racimos, diferenciándose del tratamiento testigo en 3 kg, y en longitud de los dedos (segunda y última mano) en casi un centímetro. También se puede atribuir al color verde de la bolsa, ya que este actúa como filtro de la Radiación Fotosintéticamente Asimilable (RFA), Cayón (2004) indica que la selección apropiada del color del polietileno empleado para embolsar los racimos de banano y plátano puede ejercer una influencia determinante sobre el desarrollo y la presentación comercial de los frutos. Investigaciones realizadas por el mismo autor en 2006, añade que el peso del racimo, longitud, diámetro y peso de los frutos fue mayor con fundas de color verde (alta densidad del polietileno); las cuales 13,4 % de de las longitudes de onda de la RFA hacia el interior de la funda, ratificando con lo expuesto por Daza (2004).

3.1.3 Correlaciones entre variables. Mediante el uso del coeficiente de correlaciones se determinó lo siguiente.

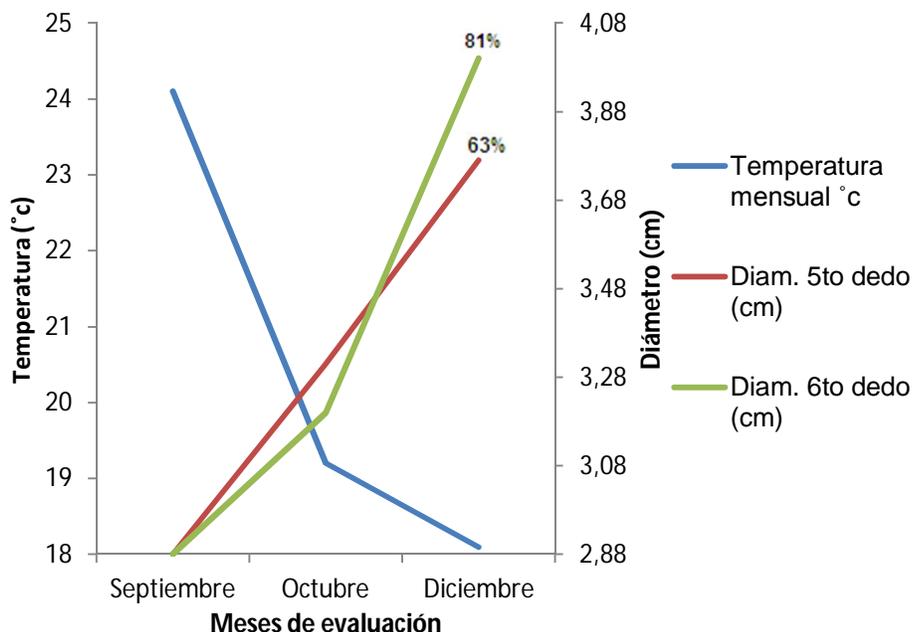
3.1.3.1 Factores climáticos. Mediante el uso del coeficiente de correlación se estableció que la precipitación estuvo relacionada directa y significativamente con las variables diámetro del quinto y sexto dedo ($r = 0,55$ y $r = 0,75$), indicando que la precipitación influye en un 55,0 % y 75,0 % en el desarrollo del diámetro de quinto y sexto dedo respectivamente; lo cual indica parcialmente que con el aumento de la precipitación mayor es el desarrollo en el diámetro de los dedos como se observa en la figura 9.

Figura 9. Correlación entre precipitación y diámetro del quinto y sexto dedo.



Por otra parte, la temperatura presentó una relación indirecta y significativa con las variables diámetro del quinto y sexto dedo ($r = 0,63$ y $r = 0,81$), mostrando que la temperatura influye indirectamente en un 63,0 % en el desarrollo del diámetro del quinto dedo y en un 81,0 % en el desarrollo de sexto dedo, expresando que con la disminución de la temperatura se favorece el desarrollo del diámetro de los dedos (ver, figura 10), concordando con la relación establecida anteriormente, puesto que con la presencia de la precipitación hay disminución de la temperatura.

Figura 10. Correlación entre temperatura y diámetro del quinto y sexto dedo.



Los anteriores resultados conciertan con lo expuesto por Cayón (2004), quien expresó que cantidades menores de lluvia durante el llenado de los frutos de plátano Dominico Hartón, dan como resultado frutos de menor tamaño. Además García *et al* (2010) y Gómez *et al* (2011), indicaron que las plantas de Dominico Hartón aumentan su actividad fisiológica con el incremento de la precipitación, manifestando mayor respiración y actividad de la biomasa microbiana en la rizosfera de las plantas, lo que finalmente se ve reflejado en la vigorosidad de las plantas y calidad de sus frutos.

3.1.3.2 Caracteres fisiológicos. Las longitudes del quinto y sexto dedo se relacionaron directamente al mostrar coeficientes de correlación ($r = 0,97$) significativos. De igual manera los diámetros del quinto y sexto dedo también mostraron relación directa con coeficientes de correlación significativos ($r = 0,85$), expresando que el quinto y sexto dedo tienen similar desarrollo en sus longitudes y diámetros. Lo que indica que cuando uno de los dedos presenta desarrollo en longitud y diámetro, el otro dedo también se desarrolla en la misma forma.

En cuanto a la relación entre las variables longitud y diámetro del quinto y sexto dedo, también fue evidente la relación directa entre los dos aspectos, al expresar coeficientes de correlación significativos; $r = 0,84$ para longitud del quinto dedo con los diámetros del quinto y sexto dedo, mostrando que la longitud del quinto dedo influye en un 84,0 % en el crecimiento de los diámetros del quinto y sexto dedo y un $r = 0,83$ para longitud del sexto dedo con los diámetros del quinto y sexto dedo, revelando que el desarrollo del diámetro del quinto y sexto dedo está influenciado en un 83,0 % por la longitud del sexto dedo, lo cual indica que cuando se presenta desarrollo longitudinal en los dedos también ocurre desarrollo en su diámetro.

Lo anteriores resultados concuerdan con estudios realizados en plátano Hartón por Arcila *et al.*, (1994), quienes expusieron que la longitud y circunferencia del fruto de plátano Hartón está dada por una sincronía en el ritmo de llenado de la fruta indicando una proporcionalidad entre la longitud y la circunferencia. Igualmente Haddad *et al.* (1992), encontraron que el crecimiento del fruto de plátano Hartón Enano (*Musa* AAB) presenta un equilibrio relativo en el aumento lineal del largo y diámetro de los frutos.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y CONTENIDO DE ALMIDÓN EN LA PULPA DEL PLÁTANO

Como propiedades físicas de los plátanos se cuantificó la firmeza y la resistencia, mediante las variables máxima fuerza (N) y máximo desplazamiento (mm), una sola vez en momento de cosecha; los resultados obtenidos se muestra en el cuadro 4, así mismo, mediante la extracción por vía húmeda se determinó el porcentaje de almidón contenido en la pulpa de los frutos del plátano,(cuadro 5) además se estableció por análisis de varianza para un diseño completamente al azar y prueba de promedios, las diferencias entre los tratamientos.

Cuadro 4. Máxima fuerza (N) para resistencia y firmeza en frutos de plátano Dominicó.

Tratamientos	Resistencia		Firmeza	
	Máxima fuerza (N)	Desplazamiento (mm)	Máxima fuerza (N)	Desplazamiento (mm)
sb	359,60	14,79	33,34	6,91
ec	441,79	15,36	35,30	6,72
cc	282,50	14,70	31,86	7,32
sc	279,04	14,89	32,11	7,12

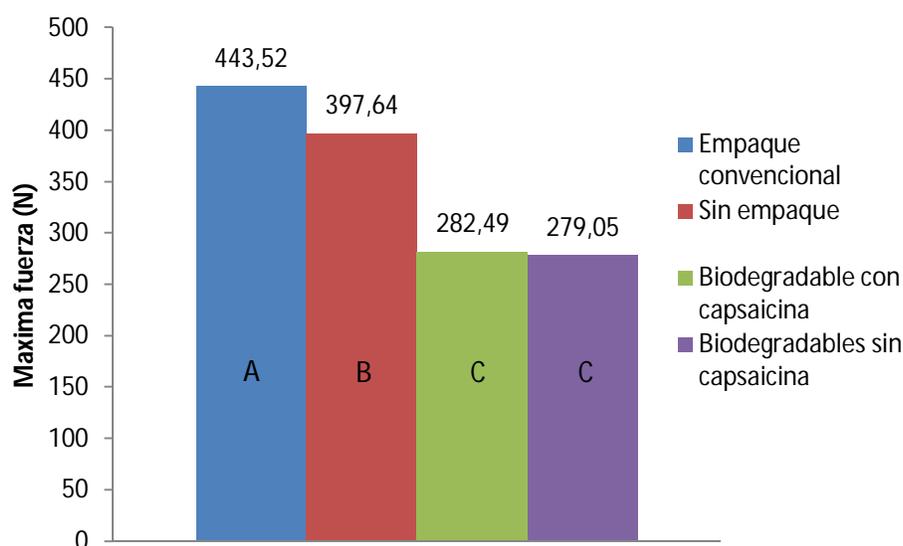
3.2.1 Resistencia. En el cuadro 4 se observa que en general la fuerza máxima obtenida para deformar la muestra de pulpa de plátano Dominicó Hartón, osciló entre 210 N y 501 N con un desplazamiento entre 12,7 mm y 17,3 mm.

Teniendo en cuenta que a pesar que existe un amplio número de investigaciones en diversos productos agrícolas, en Colombia y en el mundo es escasa la información de las

características visco elásticas y las propiedades reológicas de plátanos y bananos, se establece que los anteriores resultados obtenidos en plátano Dominico Hartón están en un rango similar al reportado por *Ciro, et al., (2005)*, quienes caracterizaron las propiedades mecánicas del banano (*Cavendish Valery*), alcanzando 121.35 N con 14,7 mm de desplazamiento.

Al aplicar el análisis de varianza (ANAVA $\alpha = 0,05$) no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable máximo desplazamiento (mm) (Anexo Q). Sin embargo para la variable máxima fuerza (N), se encontró diferencias significativas entre tratamientos, (Anexo R), en consecuencia la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) (Anexo S) reveló mayor fuerza (N) en racimos embolsados con empaque convencional (443,20 N), seguido de los racimos sin ningún tipo de empaque y finalmente los racimos embolsados con empaque biodegradable (figura 11).

Figura 11. Máxima fuerza (N) para deformar la muestra de pulpa de plátano Dominico Hartón.

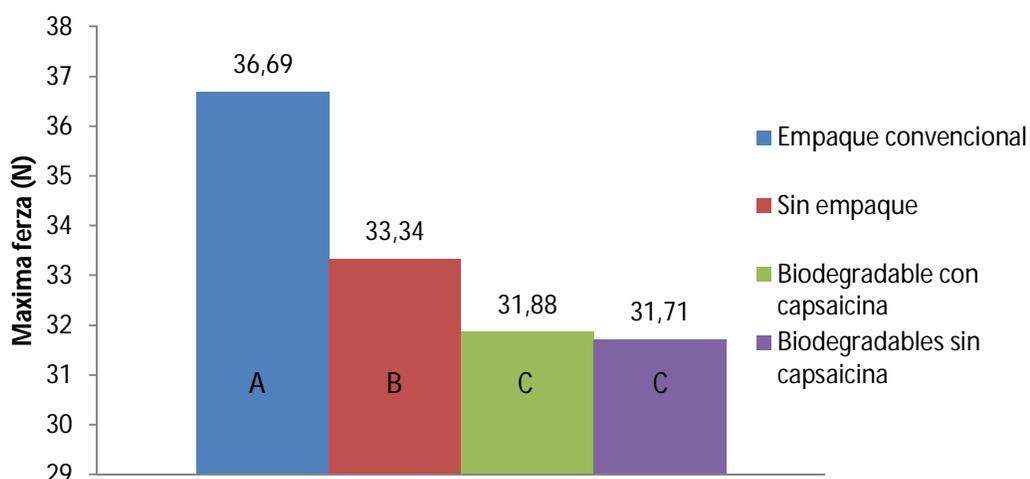


3.2.2 firmeza. La fuerza máxima para penetrar la cáscara de plátano Dominico Hartón, en general osciló entre 26,03 N y 39,5 N, mientras que el desplazamiento fluctuó entre 6,04 mm y 8,14 mm. Como de muestra en el cuadro 4. Igualmente estos resultados fueron similares a los reportados por *Ciro, et al., (2005)*; fuerza máxima de 21 N con desplazamiento de 5.9 mm.

Al realizar el análisis de varianza (ANAVA $\alpha = 0,05$) no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable máximo desplazamiento (mm) (Anexos T). Sin embargo para la variable máxima fuerza (N), se encontró diferencias significativas entre tratamientos, (Anexos U), en consecuencia la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) reveló mayor fuerza (N) en racimos embolsados con empaque convencional (36,68

N), seguido de los racimos sin ningún tipo de empaque y finalmente los racimos embolsados con empaque biodegradable como se observa en la figura 12.

Figura 12. Máxima fuerza (N) para penetrar la cascara de plátano Dominico Hartón.



De lo anterior se infiere que los plátanos desarrollados bajo influencia de los empaques biodegradables generaron un fruto con susceptibilidad a daños físicos durante la poscosecha, posiblemente a pérdida de agua, ya que al retirarlos del empaque se genera un cambio de atmosferas. Según Cayón (2004), al retirar las bolsas de los racimos, estos se exponen a un ambiente menos saturado, generando un gradiente lo largo del cual el vapor de agua se mueve desde el producto al aire que lo rodea. Igualmente Cayón y Daza (2004), exponen que la pérdida de agua de los frutos de plátano, causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando, marchito y dispuesto a daños mecánicos, información que es importante y necesaria para el desarrollo de procesos mecanizados de cosecha, transporte, manejo, requerimientos de empaque, almacenamiento, procesos de transformación y control de daño mecánico como lo menciona Strohshine (1999).

3.2.3 Porcentaje de almidón en la pulpa de los frutos de plátano Dominico Hartón.

En el cuadro 5 se presentan los valores obtenidos al determinar el contenido de almidón de la pulpa de tres frutos de plátano Dominico Hartón en los cuatro tratamientos.

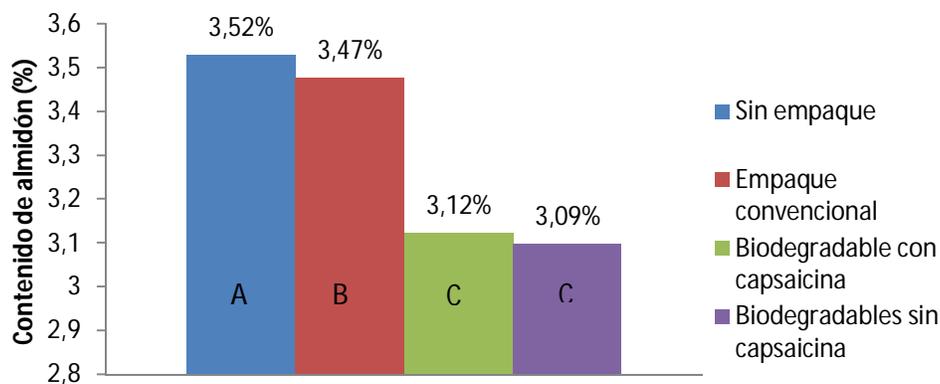
Cuadro 5. Contenido de almidón en la pulpa de frutos de plátano Dominico Hartón

TRATAMIENTOS	CONTENIDO DE ALMIDÓN (%)
sb	3,53
ec	3,48
bcc	3,12
bsc	3,09

En general el porcentaje de almidón en la pulpa de frutos osciló entre 3,09 % y 3,53 %. Siendo este rango similar al reportado por Cabrera *et al.*, (2007) quienes al caracterizar el almidón de plátano encontraron porcentajes de 2,5 % y 6,0 % para los híbridos FHIA 21 y FHIA 23 respectivamente, Mazzeo *et al.*,(2008), obtuvieron porcentajes de almidón con valores de 10,95 % y 12,54 % en plátano Dominico Hartón. Cabe resaltar que los anteriores autores usaron el método de vía húmeda para obtener los porcentajes de almidón. CORPOICA (2005), reporta un 28 % de almidón en la pulpa de plátano Hartón, obtenido a través del método seco. Por otra parte García *et al.*, (2011), utilizando tecnología infrarroja realizaron una caracterización física, química, térmica y morfológica en plátano Hartón encontraron valores de 85 % y 87 % de almidón. Igualmente Ramírez *et al.*, (2007), a nivel de planta piloto utilizando el método seco obtuvieron valores de 63 % y 61 % de almidón en pulpa de plátano Dominico.

Al aplicar el análisis de varianza (ANOVA $\alpha = 0,05$) a los porcentajes de almidón (cuadro 5), se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo V). Por tanto la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) reveló mayor porcentaje de almidón en los frutos pertenecientes a racimos sin ningún tipo de empaque (3,52 %), seguido de los frutos con empaque convencional (3,47 %) y final mente los frutos embolsados con empaque biodegradable con y sin capsaicina (3,12 % y 3,09 %) respectivamente, como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Porcentaje de almidón en la pulpa del fruto de plátano Dominico Hartón



De lo anterior, se infiere que los racimos desarrollados bajo influencia de cualquier tipo de empaque (biodegradable o convencional) generaron un fruto con bajos contenidos de almidón en su pulpa, concordando con lo expuesto por Cayón *et al.*,(2003), quienes al evaluar el efecto del color de las bolsa de polietileno sobre el desarrollo de los frutos y la concentración de carbohidratos en plátano Dominico Hartón, encontraron mayor concentración de almidón en frutos sin embolsar, además los autores expresan que a mayor transparencia y menor densidad de la bolsa mayor será la cantidad de radiación solar incidente en los frutos lo cual ayuda a la actividad fotosintética en ellos, como efecto mayor será la concentración de almidón y sólidos totales; lo cual podría explicar los bajos porcentajes de almidón obtenidos con la bolsa biodegradable, cabe recordar que este empaque es de alta densidad comparado con el empaque convencional. Otra razón puede ser que los frutos desarrollados bajo el efecto del empaque biodegradable aceleraron su proceso natural de maduración, presentándose concentraciones menores de almidón; ya que este pudo comenzar su proceso de degradación convirtiéndose en azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa.

3.3 GRADO DE PROTECCIÓN QUE EJERCE EL EMPAQUE BIODEGRADABLE EN EL RACIMO DE PLÁTANO CONTRA EL ATAQUE DE PLAGAS

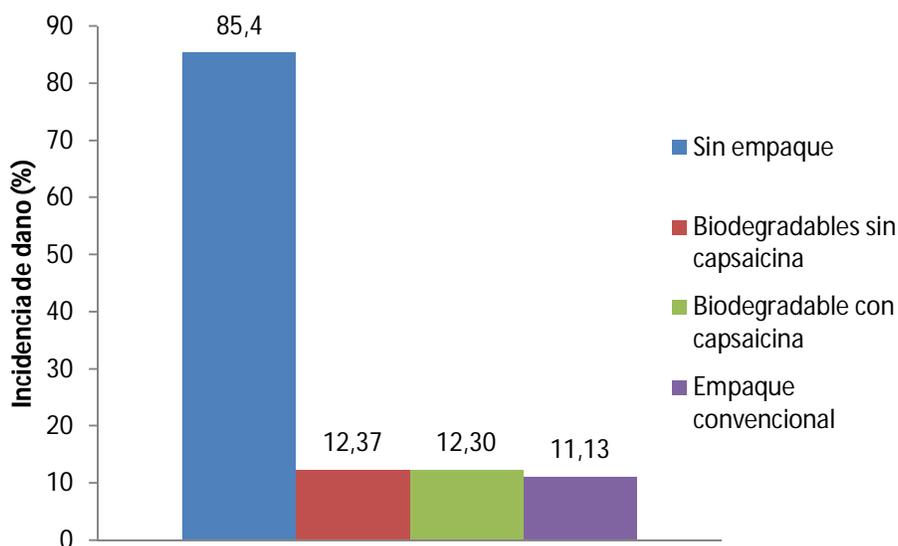
Entre septiembre y diciembre de 2011, se evaluó el grado de protección que ejerce el empaque biodegradable en el racimo de plátano contra el ataque de plagas mediante tres mediciones (septiembre, octubre y diciembre), para ello se evaluó el porcentaje de incidencia de plagas en cuatro tratamientos; racimos sin empaque, racimos con empaque convencional y racimos con empaque biodegradable con capsaicina y sin capsaicina, cada uno con tres repeticiones. El cuadro 6, muestra los promedios de los resultados obtenidos.

Cuadro 6. Promedios de porcentajes de incidencia de plagas (entre septiembre y diciembre) en los racimos

Tratamientos	Porcentaje de incidencia daños causados por plagas		
	Repeticiones		
	1	2	3
Racimo sin bolsa	90,1%	80,4%	85,7%
Racimo con bolsa convencional	11,3%	11,2%	10,9%
Racimo. con bioempaque con capsaicina	12,5%	11,8%	12,6%
Racimo. con bioempaque sin capsaicina	12,2%	12,1%	12,8%

Al aplicar el análisis de varianza (ANAVA $\alpha = 0,05$) a los resultados obtenidos (cuadro 6) se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo W). Por consiguiente la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) (Anexo X), detectó mayor incidencia de daños en racimos sin embolsar (85,4 %), seguido de los racimos con empaque biodegradable sin capsaicina (12,4 %), con capsaicina (12,3 %) y por último los racimos con empaque convencional (11,1 %), como se observa en la figura 14.

Figura 14. Porcentaje de incidencia daños en los racimos de plátano Dominico Hartón



El porcentaje más bajo en incidencia de daños en los racimos embolsados con empaque convencional básicamente se debe a que estos son impregnados con clorpirifós (insecticida organofosforado), sin embargo los porcentajes obtenidos bajo protección de empaque biodegradable fueron buenos teniendo en cuenta que en la evaluación no se buscaba la protección total de los racimos contra el ataque de plagas.

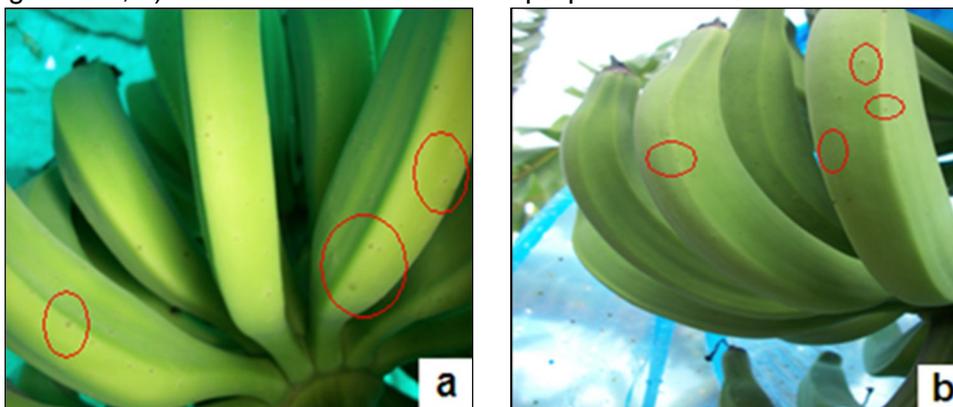
Por otra parte, el análisis de promedios para el porcentaje de incidencia de daños en los racimos según el efecto de la capsaicina, mediante la prueba de t ($\alpha = 0.05$), indicó que los promedios no presentaron diferencias significativas para racimos embolsados con capsaicina y racimos embolsados sin capsaicina (Anexo Y). Posiblemente debido a la migración de la capsaicina impregnada en las bolsas hacia el suelo, por efecto de la precipitación como fue comprobado por Martínez y Paz (2011). Por tanto se puede inferir que la sustancia activa (capsaicina) no tuvo mayor efecto en la protección del racimo contra el ataque de plagas, lo cual indica que solamente con embolsar el racimo con el empaque biodegradable ejerce protección contra el daño causado por plagas.

A continuación se describen de manera general las plagas causantes de los daños que se presentaron en los racimos de plátano Dominico Hartón.

3.3.1 Plagas presentes en racimos con empaque biodegradable y empaque convencional. La plaga que se presentó en los racimos embolsados con empaque biodegradable (con capsaicina y sin capsaicina) y empaque convencional fue: *Frankliniella párvula* Hood. Su daño consistió en la formación de cicatrices de textura rugosa en forma de pústulas, causadas por la ovoposición de las hembras, con un diámetro menor de un milímetro y sin halo (Figura 15). Según Augura (2009) esta plaga solo afecta parte de la epidermis de la fruta y puede ser de gran importancia cuando el porcentaje de incidencia

de daño es mayor al 30 % ya que se afecta la mayoría de la superficie de los dedos dando mal aspecto a los mismos.

Figura 15. Daño por *Frankliniella párvula* Hood, a) Racimo embolsado con empaque biodegradable, b) Racimo embolsado con empaque convencional



3.3.2 Plagas presentes en racimos sin ningún tipo de empaque. Las plagas que se presentaron en racimos sin embolsar fueron:

3.3.2.1 *Colaspis* sp.: Coleóptera, de hábito nocturno. El daño de este insecto consistió en cicatrices profundas causadas por las mordeduras que hace en la epidermis de los dedos, y que se reconoció de otros insectos por tener un halo acuoso. Este insecto ingresó en el momento en que los dedos comenzaban a exponerse, es decir cuando se separó la bráctea de las manos y el daño se presentó durante las primeras tres semanas de edad del racimo (Figura 16).

Figura 16. Racimo sin embolsar con daño severo de *Colaspis* sp.



3.3.2.2 *Trigona* sp (aveja conga o mapaitero). Pertenece a la familia *Apidae*. El daño radicó en una lesión seca (sin halo acuoso) sobre el filo o aristas de los dedos (Figura 17).

Figura 17. Daño por *Trigona sp* en la arista de los dedos en racimos sin embolsar



3.3.2.3 *Chaetanaphathrips orchedii* (trips de la mancha roja o trips raspador rojo). Las larvas al alimentarse causaron una mancha rojiza en la cáscara, en el área donde se juntan los dedos, posteriormente se extendió a todo el racimo (Figura 18).

Figura 18. Daño causado por *Chaetanaphathrips orchedii* en racimos sin embolsar



Cabe notar que el porcentaje de incidencia de daños causado en los racimos sin ningún tipo de empaques, estuvo entre el 85,7 % y 90,1 %, viéndose afectada la mayoría de la superficie de los dedos dando mal aspecto visual a los mismos.

4. CONCLUSIONES

Los racimos de plátano Dominico Hartón cultivado en la finca La Sultana ubicada en el Municipio de Timbío, presentan en promedio una longitud de 50,4 cm desde el nudo hasta la mano final, desarrollan entre 7,4 manos efectivas, entre 11 dedos por mano efectiva, además la longitud máxima del quinto y sexto dedo de la tercera mano oscila entre 17 y 25 cm y su diámetro máximo se encuentra entre tres y cuatro centímetros para los mismos dedos respectivamente.

Al relacionar los factores climáticos con las variables longitud y diámetro del quinto y sexto dedo, se encontró, que la precipitación influyó directamente sobre el desarrollo del diámetro del quinto y sexto dedo en un 55,0 % y 75,0 % respectivamente, por otra parte la temperatura presentó una relación indirecta (83 %y 61 %) con el desarrollo del diámetro de los mismos dedo, indicando parcialmente que con la disminución de la temperatura se favorece el desarrollo del diámetro de los dedos.

El empaque biodegradable favoreció el desarrollo de la longitud y diámetro de los frutos, no obstante el porcentaje de almidón presente en su pulpa fue bajo. Igualmente las los frutos bajo la influencia de este empaque, mostrando susceptibilidad daños físicos durante la poscosecha.

El grado de protección del empaque biodegradable contra plagas causantes de daños en los racimos fue admisible, teniendo en cuenta que en la evaluación no se buscaba la protección total de los racimos. Por otra parte la capsaicina no presentó diferencias significativas en la protección del racimo, debido posiblemente a la migración de esta hacia el suelo. Lo cual indica que solamente con embolsar el racimo con el empaque biodegradable ejerce protección contra plagas.

5. RECOMENDACIONES

Antes de producir el empaque biodegradable a escala industrial, es conveniente realizar investigaciones en distintas zonas productoras de plátano, con mayor número de fincas; con el fin de observar el comportamiento del empaque bajo diferentes condiciones medioambientales.

En futuras investigaciones tener en cuenta, la temperatura presente al interior de las bolsas, el porcentaje de infestación y severidad de las posibles plagas causantes de daños en los frutos, variables como grado de fertilización, desmane y control de enfermedades en los cultivos.

Mejorar la densidad y elasticidad del empaque biodegradables para facilitar el manejo de embolsado en campo, de igual forma investigar mecanismos para optimar el impregnado de la capsaicina en la superficie de los empaques.

Socializar con los productores de plátano los resultados obtenidos en esta investigación con el ánimo de crear conciencia de la importancia que tiene la labor de embolse de los racimos de plátano y la conservación del medio ambiente, mediante el uso de empaques biodegradables.

Dar continuidad a las investigaciones sobre los empaques biodegradables en relación con el desarrollo y crecimiento de los frutos en diferentes variedades de plátanos como en frutos de otras especies.

BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva del Plátano en Colombia. Ministerio de Agricultura, ASOHOFrucol. Bogotá, abril 2002, p. 11.

ACOPLASTICOS. Plásticos en Colombia. [en línea]. Consultado febrero de 2012. En <http://www.acopasticos.com>.

ARCILA, P. M. I.; ARANZAZU, F... El cultivo del plátano. CORPOICA - FEDECAFE. Manizales, 1999, p. 14.

ARCILA, P.; S. BELALCÁZAR, J. VALENCIA, Y. CAYÓN. Influencia del número de hojas en posfloración sobre el llenado de los frutos del clon de plátano Dominico hartón, Musa (AAB) simmonds. IX Congreso del Mejoramiento de la Producción del Cultivo del Plátano. Armenia, Quindío; Colombia, 1994, p. 90.

ARCILA P., M. I.; CAYÓN S., G.; Y MORALES O., H. Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (Musa AAB Simmonds), de acuerdo con su posición en el racimo. Asociación de bananeros de Colombia (AUGURA). Medellín, noviembre, 2002, p. 498 – 502.

ARISTIZÁBAL, L. M. Componentes del rendimiento en plátano (*Musa AAB cv Dominico hartón*). En: Revista Universidad de Caldas, 1995, p 65 - 75.

_____. Efecto del desmane y la distancia de siembra sobre las características productivas del plátano FHIA-20. En: *INFOMUSA*, 2004, Vol. 13, No. 1. p. 9 - 12.

ARISTIZÁBAL, L.M., NARANJO, C.A. y VILLEGAS, E.B. Análisis del crecimiento y la producción del plátano Dominico hartón en función del clima. Manizales: Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1991, 43 p.

ASOCIACIÓN GREMIAL DE INDUSTRIAS DEL PLÁSTICO ASIPALA. Las Condes, Santiago, Chile [en línea]. Consultado marzo de 2012. En <http://www.asipla.cl/sustentabilidad-2/que-son-los-plasticos/plasticos-en-tu-vida/>.

AUGURA. Asociación de Bananeros de Colombia [en línea]. Consultado marzo de 2012. Disponible en: <http://www.augura.com.co/información-gremial>.

AUGURA. Asociación de Bananeros de Colombia. Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano, Magdalena y Urabá Colombia. Medellín, Junio 2009. ISBN 978-958-99167-0-4. p.1 – 22.

BARREIRO, P, M. RUIZ, A. Propiedades mecánicas y calidad de frutos, definiciones y medidas instrumentales. ETSIA. Dpto. Ingeniería Rural. Madrid, 1996. p. 4 – 13.

BARRERA. J, CAYÓN, G ROBLES G. Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano 'Hartón' (Musa AAB Simmonds). Revista Agronomía Colombiana, 2009, p. 73 - 79.

BELALCAZAR, C.S. Mejoramiento de la producción del cultivo del Plátano. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA-CORPOICA). Armenia, 1994. 256p.

_____. El cultivo del plátano. Guía práctica. INIBAP. Armenia, Quindío, Colombia, 1999. p.38.

BELALCÁZAR, S. Efecto de la época y grado de defoliación sobre la producción de plátano dominica hartón. Quindío; Colombia, 1990. (Informe técnico). p. 77 - 85.

_____. El Cultivo de Plátano en el Trópico. Manual de Asistencia Técnica No. 50. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Manizales, 1991. 376 p.

BELALCÁZAR, S.; VALENCIA, J.A.; ARCILA, M.I. Influencia de la defoliación sobre la producción de plátano Dominico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). In: ACORBAT. X Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. Memorias. Editores Miguel A. Contreras; José A. Guzmán; Luis R. Carrasco, San José, C.R. México. 1994. p. 525 - 534.

BELALCÁZAR, S. y CAYÓN, S.G. Establecimiento y manejo del cultivo del plátano. Seminario internacional sobre producción de plátano. CORPOICA. 1968, p. 106 - 153.

BUITRAGO V., G. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. En: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol. 8, No. 1 (2004); p.102 - 110.

CABRERA, A. M., MADRIGAL, L. A., VÁZQUEZ, J., G. Extracción y Caracterización Química de Almidón de Plátano y Banano de las Variedades FHIA-01, 20, 21 y 23. IX

Congreso de Ciencia de los Alimentos y V foro de ciencia y tecnología de Alimentos. Colima, México. .2007, p. 1 – 8.

CAYÓN, D.G., GIRALDO, G.A. y ARCILA, M.I. Fisiología de la maduración. En: Poscosecha y agroindustria del plátano en el Eje Cafetero de Colombia. Corpoica, Armenia (2000). p. 1 - 12.

CAYÓN, G.; BELALCÁZAR, S. & LOZADA, J. E. Ecofisiología del plátano (*Musa AAB Simmonds*). Seminario Internacional sobre producción de plátano. Armenia, Quindío, Colombia. 1998. p. 221 - 235.

CAYÓN, G.; LOZADA, J.E.; BELALCÁZAR, S. Contribución fisiológica de las hojas funcionales del plátano (*Musa AAB Simmonds*) durante el llenado del racimo. *In*: ACORBAT. XI Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigación de Banano en el Caribe y en América Tropical. San José, Costa Rica 1995. Memorias. Editora Vicky Morales Soto. ACORBAT. p. 725 - 739.

CAYÓN, G., MORALES, H. y G. GIRALDO. Efecto del color de las bolsas de polietileno sobre el desarrollo de los frutos y la concentración de carbohidratos en el clon de plátano Dominico- Hartón (*Musa AAB Simmonds*). Manizales 2003 Rev. Vitae 10(1), p. 9 - 17.

COMITÉ DE CAFETEROS, UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO, ASPLAT, COLCIENCIAS, FUDESCO. Armenia, Colombia. 2005. p. 27 - 37.

CCI. CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. Boletín CCI: SIM. Perfil de Producto Plátano No. 7, enero – marzo. 2002. [en línea] consultado en enero de 2012. En <http://www.cci.org.co>. 16p.

ANAIP. CONFEDERACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE PLÁSTICO. Los plásticos, materiales de nuestro tiempo. España, 1991. 17p.

CCAD. COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO. Reporte Nacional de Manejo de Residuos en Guatemala. [En línea] consultado en enero de 2012 en:http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/POLIETILENTEREFTALATO_PET_GUA.

CORPOICA. El cultivo de Plátano. Manual técnico. Diciembre 2002, Manizales. p 114.

CORPOICA. Guía para la producción ambiental del cultivo de plátano, septiembre 2003, Armenia. p. 91.

_____. Guía para el manejo sostenible del cultivo de plátano. Bucaramanga. Noviembre, 2006. 27 p.

CUBILLO, D, LAPRADE, S., GUZMÁN, M. Evaluación de una funda Biodegradable para la protección de racimos de banano. Corporación Bananera Nacional. San José de Costa Rica, marzo de 2003. 5 p.

CRISTÁN, A., I. LEMA, A. GAVILÁN, G, La situación de los envases de plástico en México, 2003. En Gaceta Ecológica, p. 69.

DEMIRGROZ, D., C. ELVIRA., J. F. MANO, A. M. CUNHA., E. PISKIN. Y R. L. REIS. Chemical modification of starch based biodegradable polymeric blends: effects on water uptake, degradation behavior and mechanical properties. 2000. Polym. Degrad. Stabil. p. 70, 161 - 170.

DIAZ, M. Guía Práctica de Plagas y Enfermedades En Plátano. Servicio de extensión agrícola, Colegio de Ciencia Agrícola. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico, 2007. 23 p.

ESPINEL, C., MARTÍNEZ, H., PEÑA, Y. La cadena del plátano en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de trabajo No. 12, 2006. p.17.

ESPINOSA, L.; BELALCÁZAR, S.; CHACÓN, A. & SUÁREZ, D. Fertilización del plátano en altas densidades. Memorias Seminario Internacional sobre la producción de plátano. Armenia, Colombia. 1998. p. 79 - 80.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Sistemas de labranza para la conservación del suelo y el agua. Bushand Texas. Boletín N°. 54. 1998. p.12.

FEDECAFÉ FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Comité Departamental del Quindío manual de asistencia técnica No. 50. El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico. 2000. p 3 - 25.

GARCÍA, A, MESA, N., PAZ, I., E. Trabajo de grado titulado Caracterización de la dinámica microbiana, en dos cultivares de plátano (Hartón y dominico hartón) ubicados en la vereda Urubamba, municipio de Timbío (Cauca). 2010. 93.p.

GARCÍA-TEJEDA, ZAMUDIO-FLORES, S., BELLO-PÉREZ, L. A., ROMERO-BASTIDAS, C. M., SOLORZA-FERIA, J. Oxidación del Almidón Nativo de Plátano Para su uso Potencial en la Fabricación de Materiales de Empaque Biodegradables: Caracterización Física, Química, Térmica y Morfológica. Mexico, 2011. p. 125 - 135.

GILLAND, B. "Cereals, nitrogen and population: an assessment of the global trends", en Endeavour, 17, 1993, p. 84 - 87.

GÓMEZ, E., MOSQUERA, G., PAZ, I. Trabajo de grado titulado "Relación del clima, tipo de cobertura y perímetro del pseudotallo con la actividad microbiana de la rizosfera de plátano Hartón (*Musa AAB*) y Dominico Hartón (*Musa AAB Simmons*). Establecido en la Finca La Sultana vereda Urubamba, municipio de Timbío (Cauca). 2011. 67 p.

GRISALES, F. & LESCOT, T. Guías para el mejoramiento y sostenimiento de la producción del plátano en la zona cafetera central. CENICAFÉ. 1998. Avances técnicos, No.188. 8 p.

HADDAD, O., DEL VALLE V. R.; PARGAS P.R. Algunas características del Fruto de plátano Hartón Enano *Musa AAB*. FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay Venezuela, 1992. 24 p.

JARAMILLO, G.C., ARISTIZÁBAL, L.M. Análisis del crecimiento en plátano Dominico hartón. 2004. En: Boletín FITOTECNIA, No. 94. 2 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Manual de asistencia técnica N° 50. El cultivo de plátano, 2003. 22 p.

INSTITUTO MEXICANO DEL PLÁSTICO. Enciclopedia del Plástico, Tomo 4, México D.F, 2000. p. 23

ICONTEC INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma Técnica No. 1190, El Instituto. Bogotá D.C.

KRAMER, A. Definition of texture and its measurement in vegetables products. En: Food Technology. Vol. 18. 1984; p.304 - 307.

MAICAN, J. L., SERRANO. Fase productiva del plátano (Musa AAB) c.v hartón súper, bajo tres densidades de siembra con riego en el bosque húmedo trópica T.G UNESUR (resumen) Santa Bárbara de Zulia, Venezuela. 2001. p .13.

MÁRQUEZ, E. Efecto desmane sobre el desarrollo del racimo en el plátano hartón (Musa AAB). T.G. UNESUR. Santa Bárbara de Zulia- Venezuela. 2003. 23 p.

MARTÍNEZ. Determinación del área mínima foliar en el plátano en el trópico húmedo. Armenia, Quindío; Colombia.1984. Revista ICA. Vol. 19. Nº 2 p. 183 - 187.

MARTÍNEZ, G.A. Deficiencias nutricionales y recomendaciones de fertilización en el cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) de la Orinoquía Colombiana. 1997. Manual técnico No. 01. Convenio CORPOICA-SENA. 60p.

_____. Instructivo sobre el cultivo de plátano en los Llanos Orientales. CORPOICA, Villavicencio, Meta. 2001. 31p.

MAZZETO, M., ALZATE, M., MARÍN, M. Obtención de almidón a partir de residuos de poscosecha del plátano Dominic Hartón. Universidad de Caldas. Manizales, 2008. 1 – 12 p.

MÉNDEZ, C. Ensayos de cobertores plásticos para piñas de plátanos en Alcalá, Guía de Isora y Buenavista del Norte [en línea]. Consultado Mayo de 2011. Disponible en internet en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_51_D_embolsado.pdf

MEJÍA, G, A., GÓMEZ, J, S. Los desechos generados por la agroindustria bananera en Colombia. AUGURA - CENIBANANO En: seminario internacional de gestión ambiental de residuos sólidos y peligrosos, siglo XII. Medellín. 2010. p. 7.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo n.º.102, la cadena de plátano en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. p. 4 – 9.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Reunión Nacional de Cadenas Productivas, Bogotá, CORPOICA-CEISA, Febrero 2003. Presentación hecha por Luis Fernando Restrepo Ex coordinador Nacional de la Cadena de Plátano. 28 p.

MONTERO, E.H. Paquete de capacitación en manejo, pos cosecha y comercialización del plátano. NRI- SENA- DFID. Caldono Cauca, 1198. 40 p.

MORALES, H.; BELALCÁZAR, S.; CAYÓN, G. Efecto de la época de cosecha sobre la composición físico-química de los frutos en cuatro clones comerciales de musáceas. En: Seminario Internacional sobre Producción de Plátano. Armenia, 1998. Memorias. CORPOICA, Universidad de Quindío, Comité café Quindío, SENA. p. 237 - 246.

MOORE, C. J. "A comparison of plastic and plankton in the north pacific central gyre", en Marine Pollution Bulletin, 42, 2001. p. 6.

MULLER, H. G. Introducción a la Reología de alimentos. Zaragoza: Acribia, 1973. p. 13 - 17, 22 - 34, 133 - 144.

ORELLANA, M. C. descripción de las Plagas del Cultivo De Banano. Universidad de San Carlos De Guatemala, Facultad de agronomía. Guatemala, Noviembre De 2007. 31 p.

OROZCO, C. M. R. El cultivo de plátano en la zona del Darién. CORPOICA. Carepa, Antioquia. 2000. 28 p.

PALENCIA, C. G. E. Establecimiento y manejo de sistemas agroforestales con cacao. Convenio CORPOICA-CORPOBOYACÁ. Bucaramanga, Santander. 2005. 25 p.

PEREA DALLOS. M. Biotecnología de plátanos bananos. Editorial Guadalupe LTDA. Bogotá, DC Colombia. 2003. 150 p.

PYTEL, A. y SINGER, F. Resistencia de materiales. México: Oxford, 1994. p. 31 - 32.

RAMÍREZ-ESTRADA, N., LÓPEZ-GONZALES, F.L., BELLO-PÉREZ, A., AGUILAR-SANDOVAL, A. Secado en Lote de Plátano macho Verde (*Musa paradisiaca L.*) a tres Temperaturas. Documento IX Congreso de la Ciencia de los Alimentos y V Foro de la Ciencia y la Tecnología de Alimentos, México. 2007. p. 604 - 608.

ROJAS, M. J. y Parra, C. M. S. El cultivo del plátano. CORPOICA - PRONATTA. Florencia, Caquetá. 1968. 37 p.

SANDOVAL, J. A. Biotecnología y cultivo de tejidos, aplicaciones en el cultivo del Plátano (*Musa AAB*). Seminario Internacional sobre producción de Plátano. Armenia, Quindío, Colombia. 1998. p. 71 - 77.

SATYANARAYANA, M. Effect of number of functional leaves on growth and yield of "Dwarf Cavendish" banana (AAA). Newsletter of the International Group on Horticultural Physiology of Banana, University of Western Australia, 1986. p. 9 – 36.

SENA-CIPASLA-PRONATA, Cartilla de divulgación. Comparación de tres variedades de plátano cultivadas en la zona de Caldoño, Cauca, febrero de 2001. p. 14.

SIERRA, L. E. El cultivo del banano, producción y comercio. Pereira-Colombia, 1993 Editorial Graficas Olímpica. 641 p.

STOVER, R.H. y N.W. SIMMONDS. Bananas. 3 rd ed. Longman Scientific & Technical, London. Stover, R.H. y N.W. Simmonds. 1985. Bananas. 3 rd ed. Longman Scientific & Technical, London. 1985. 48 p.

STROSHINE, R. Physical properties of agricultural materials and food products. Department of Agricultural and Biological Engineering. West Lafayette, 1999. p. 113 - 152.

OSTMARK, H.E. Economic insect pest of bananas. Ann. Rev. Entom. 1974. p.161 - 176.

SWENNEN, R. Y E. DE LANGHE. Growth parameters of yield of plantain (Musa cv. AAB). 1985 Ann. Bot. 56, p. 197 - 204.

TURNER, D.W. Bananas and Plantains. In: Schaffer, B. and Andersen, P. (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. 1994. Volume II: Sub-tropical and tropical crops. p. 37 - 64.

TURNER, D.W. Some factors related to yield components of banana in relation to sampling assess nutrient status. Fruits. 1980. p. 19 - 23.

VELÁSQUEZ, H., MONTOYA, M., MILLÁN. Caracterización de propiedades mecánicas del banano (Cavendish Valery). Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín [en línea] 2005, vol. 58 [citado 2012-03-05]. Disponible en Internet:<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=179914237011>. ISSN 0304-2847.

VILORA, J., Banano y revolución en el Departamento de Magdalena. Documento número 105, 2008. p. 23.

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA LONGITUD DEL QUINTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA PRIMERA EVALUACIÓN (SEPTIEMBRE 17 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	15,62	5,21	2,66	4,06*
ERROR	8	15,69	1,96		
TOTAL	11	31,31			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO B. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA LONGITUD DEL SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA PRIMERA EVALUACIÓN (SEPTIEMBRE 17 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	14,32	4,77	2,06	4,06 *
ERROR	8	18,55	2,32		
TOTAL	11	32,87			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO C. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA DIÁMETRO DEL QUINTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA PRIMERA EVALUACIÓN (SEPTIEMBRE 17 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	164,16	54,72	1,04	4,06*
ERROR	8	422,65	52,83		
TOTAL	11	586,82			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO D ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA DIÁMETRO DEL SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA PRIMERA EVALUACIÓN (SEPTIEMBRE 17 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	155,33	51,78	1,05	4,06*
ERROR	8	395,05	49,38		
TOTAL	11	550,38			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO E. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA LONGITUD DEL QUINTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA SEGUNDA EVALUACIÓN (OCTUBRE 21 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	87,910	29,303	40,652	4,060**
ERROR	8	5,767	0,721		
TOTAL	11	93,677			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO F. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA DIÁMETRO DEL SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA SEGUNDA EVALUACIÓN (OCTUBRE 21 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	3,04	1,01	1,19	4,06*
ERROR	8	6,80	0,85		
TOTAL	11	9,84			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO G. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA LONGITUD DEL SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA SEGUNDA EVALUACIÓN (OCTUBRE 21 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	86,69	28,90	33,70	4,06**
ERROR	8	6,86	0,86		
TOTAL	11	93,55			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO H. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA DIÁMETRO DEL QUINTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA SEGUNDA EVALUACIÓN (OCTUBRE 21 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	1,25	0,42	37,48	4,06**
ERROR	8	0,09	0,01		
TOTAL	11	1,33			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO I. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA LONGITUD DEL QUINTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA TERCERA EVALUACIÓN (DICIEMBRE 20 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	134,723	44,908	22,407	4,060**
ERROR	8	16,033	2,004		
TOTAL	11	150,757			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO J. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA LONGITUD DEL SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA TERCERA EVALUACIÓN (DICIEMBRE 20 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	323,049	107,683	4,423	4,060**
ERROR	8	194,780	24,347		
TOTAL	11	517,829			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO K. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA DIÁMETRO DEL QUINTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA TERCERA EVALUACIÓN (DICIEMBRE 20 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	1,374	0,458	27,909	4,060**
ERROR	8	0,131	0,016		
TOTAL	11	1,505			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO L. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha = 0,05$) PARA DIÁMETRO DEL SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO, EN LA TERCERA EVALUACIÓN (DICIEMBRE 20 DE 2011)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	0,6399	0,2133	29,72	4,06**
ERROR	8	0,0574	0,0071		
TOTAL	11	0,69			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO M. PRUEBA DE DUNCAN ($\alpha=0,05$) PARA PROMEDIOS DE LONGITUD DEL QUINTO Y SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO

CARACTERÍSTICA	TIPO DE EMPAQUE	5to DEDO		6to DEDO
LONGITUD	Emp. Bio. Sin Capsaicina	24,73	a	24,73 a
	Emp. Bio. Con Capsaicina	24,6	b	25,7 b
	Sin Empaque	18,03	c	18,9 c
	Emp. Convencional	17,9	c	12,9 c

ANEXO N. PRUEBA DE DUNCAN ($\alpha=0,05$) PARA PROMEDIOS DE DIÁMETRO DEL QUINTO Y SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO

CARACTERÍSTICA	TIPO DE EMPAQUE	5to DEDO		6to DEDO
DIÁMETRO	Emp. Bio. Sin Capsaicina	3,88	a	3,83 a
	Emp. Bio. Con Capsaicina	3,84	b	3,58 b
	Sin Empaque	3,23	c	3,28 c
	Emp. Convencional	3,14	c	3,28 c

ANEXO O. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS PRUEBA DE t ($\alpha=0.05$) PARA LONGITUD DEL QUINTO Y SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO

	5to dedo	6to dedo
Tc	0,2	0,209
Tt	2,9	2,9
Prob	0.05	0,05
	*	*

*= No presenta diferencias significativas

ANEXO P. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS PRUEBA DE t ($\alpha=0.05$) PARA DIÁMETRO DEL QUINTO Y SEXTO DEDO DE LA TERCERA MANO

	5to dedo	6to dedo
Tc	2,05	2,054
Tt	2,9	2,9
Prob	0.05	0,05
	*	*

*= No presenta diferencias significativas

ANEXO Q. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha=0,05$) PARA LA VARIABLE MÁXIMO DESPLAZAMIENTO (mm) EN LA RESISTENCIA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	6,30	2,10	1,63	2,86*
ERROR	36	46,31	1,28		
TOTAL	39	52,61			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO R. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha=0,05$) PARA LA VARIABLE MÁXIMA FUERZA (N) EN LA RESISTENCIA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	6,30374	2,1012	2,96	2,86**
ERROR	36	46,3139	1,2865		
TOTAL	39	52,6176			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO S1. PRUEBA DE DUNCAN ($\alpha=0.05$) PARA PROMEDIOS DE MÁXIMA FUERZA (N) EN RESISTENCIA

CARACTERÍSTICA	TIPO DE EMPAQUE	MAX FUERZA (N)	
RESISTENCIA	Emp. Convencional	443,2	a
	Sin Empaque	403,81	b
	Emp. Bio. Con Capsaicina	291,4	c
	Emp. Bio. Sin Capsaicina	286,7	c

ANEXO S.2. PRUEBA DE DUNCAN ($\alpha=0.05$) PARA PROMEDIOS DE MÁXIMA FUERZA (N) EN FIRMEZA

CARACTERÍSTICA	TIPO DE EMPAQUE	MAX FUERZA (N)	
FIRMEZA	Emp. Convencional	34,68	a
	Sin Empaque	34,32	b
	Emp. Bio. Con Capsaicina	29,12	c
	Emp. Bio. Sin Capsaicina	29,07	c

ANEXO T. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha=0,05$) PARA LA VARIABLE MÁXIMO DESPLAZAMIENTO (mm) EN FIRMEZA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	0,24302	0,081	0,1428	2,86*
ERROR	36	20,4267	0,5674		
TOTAL	39	20,6698			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO U. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha=0,05$) PARA LA VARIABLE MÁXIMA FUERZA (N) EN FIRMEZA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	0,24302	0,081	0,1428	2,86*
ERROR	36	20,4267	0,5674		
TOTAL	39	20,6698			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativa

ANEXO V. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha=0,05$) PARA PORCENTAJE DE ALMIDÓN EN LOS CUATRO TRATAMIENTOS

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	4	0,24302	0,081	0,1428	2,86*
ERROR	36	20,4267	0,5674		
TOTAL	39	20,6698			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO W. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA $\alpha= 0,05$) DEL ATAQUE DE PLAGAS A LOS RACIMOS EN DIFERENTES TRATAMIENTOS

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T(5%)
TRATAMIENTOS	3	12146,93	4048,98	675,77	4,06**
ERROR	8	47,93	5,99		
TOTAL	11	12194,86			

*=sin diferencias significativas

**=con diferencias significativas

ANEXO X. PRUEBA DE DUNCAN ($\alpha = 0.05$) PARA PROMEDIOS DE PORCENTAJES DE INCIDENCIA DEL ATAQUE DE PLAGAS EN DIFERENTES TRATAMIENTOS

CARACTERÍSTICA	TIPO DE EMPAQUE	PROMEDIO DE INCIDENCIA	
% DE INCIDENCIA DE PLAGAS	Sin Empaque	85,40%	a
	Emp. Bio. Sin Capsaicina	12,37%	b
	Emp. Bio. Con Capsaicina	12,30%	c
	Emp. Convencional	11,13%	c

**ANEXO Y. COMPARACIÓN DE PROMEDIOS PRUEBA DE T ($\alpha=0.05$) PARA
PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE PLAGAS EN LOS RACIMOS EMBOLSADOS CON
CAPSAICINA Y SIN CAPSAICINA**

	cc	sc
Tc	0,8	0,83
Tt	2,35	2,35
Prob	0.005	0,005
	*	*

*= No presenta diferencias significativas