



**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Carrera de Ingeniería Agrícola**

**Trabajo para optar por el título de Ingeniera Agrícola**

**Determinación de los parámetros físicos-químicos y  
mecánicos del banano (*Musa spp.*) para un óptimo manejo  
poscosecha**

**Autora: Tania de la Caridad Bermudez Camacho**

**Tutor: Dr. C. Carlos M. Martínez Hernández**

**Año 2015**

*Pensamiento*



## *Pensamiento*

*“En la agricultura, como en todo, preparar bien ahorra tiempo, desengaño y riesgos.”*

*José Martí*



# *Dedicatoria*



## *Dedicatoria*

*A mi madre y mi hermano Robe por ser los promotores principales de este sueño y por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía.*

*Gracias.*

# *Agradecimientos*



## *Agradecimientos*

*A mis padres por estar siempre presentes y guiarme por el camino correcto.*

*A mis hermanos por confiar en mí y apoyarme en cada paso durante toda mi trayectoria estudiantil.*

*A mi novio por su apoyo incondicional y por compartir parte de este sueño.*

*A mi tía María por estar continuamente a mi lado y ser mi ángel de la guarda.*

*A todos mis compañeros, amigos y familiares por brindarme todo su apoyo y tolerarme todo este tiempo.*

*A mi tutor por su confianza y colaboración en la realización del trabajo.*

# *Resumen*



## RESUMEN

El presente trabajo aborda el estudio del manejo y tratamiento poscosecha del banano (*Musa spp.*) para el mercado fresco. En el mismo se procede al estudio del subgrupo Cavendish (AAA), trabajando especialmente en el cultivar Cavendish gigante (Jonson). Para su investigación se tomaron muestras en la Empresa Municipal de Cultivos Varios, municipio Taguasco, provincia Sancti-Spíritus. En la investigación teórica se hizo una amplia revisión bibliográfica del estado actual del tema objeto de estudio tanto en el ámbito nacional como internacional, donde sobresalen países altamente productores y exportadores como la India, Ecuador, Brasil y Costa Rica. Se realizaron pruebas experimentales de la variedad objeto de estudio en el laboratorio de Bromatología, en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Los resultados alcanzados fueron analizados mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus ver-5.1, para su comparación con investigaciones anteriores en este mismo fruto, pero en cultivares diferentes. En los resultados obtenidos en la determinación de las propiedades físicas se mostró que los bananos poseen una longitud media de 20.85 cm; circunferencia de 11.25 cm; grosor de la cáscara de 0.25 cm y grosor de la pulpa de 2.85 cm. Por otra parte los ensayos de impacto efectuados mostraron poca resistencia a impactos mayores al orden de 105.94 (J), lo cual lo hace muy susceptible a daños mecánicos, unido a sus cualidades de poca vida de anaquel (6 días) durante la poscosecha.

# *Abstract*



## **ABSTRACT**

The present work approaches the study of the handling and treatment poscosecha of the banana tree (*Musa spp.*) for the fresh market. In the same one, you Cavendish proceeds to the study of the subgroup (AAA), working especially in cultivating Cavendish giant (Jonson). For its investigation, they took samples in the Municipal Company of Several Cultivations, municipality Taguasco, country Sancti-Spíritus. In the theoretical investigation a wide bibliographical revision of the current state of the topic study object was made so much in the national environment as international, where highly producing countries and exporters like the India, Ecuador, Brazil and Costa Rica stand out. They were carried out experimental tests of the variety study object in the laboratory of Bromatología, in the Center of Agricultural Investigations (CIAP). The obtained results were analyzed by means of the statistical package "STATISTICA 8.0", for their comparison with previous investigations in this same fruit, but in different cultivars. In the results obtained in the determination of the physical-mechanical properties it was shown that the banana fruits possess a medium longitude of 20.85 cm; circumference of 11.25 cm; thickness of the shell of 0.25 cm and thickness of the pulp of 2.85 cm. In other hands the obtained results the impact made showed little resistance to more impacts to the order of 105.94 (J), that which makes it very susceptible to mechanical damages, together to their qualities of little shelf life (6 days) during the postharvest.

# *Tabla de contenidos*



## **TABLA DE CONTENIDOS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>   | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1. Prácticas precosecha que afectan la calidad del banano   | 4         |
| 1.2. Cosecha y manejo del fruto en la plantación  | 11        |
| 1.3. Operaciones de la planta empackadora   | 13        |
| 1.4. Empaque  | 14        |
| 1.5. Almacenamiento   | 16        |
| 1.6. Transporte   | 17        |
| 1.7. Control e inspección de la calidad del banano  | 20        |
| <b>CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>  | <b>23</b> |
| 2.1. Metodología empleada para determinar el tamaño de la muestra                                   | 24        |
| 2.2. Metodología para la determinación de las principales propiedades físicas en bananos            | 24        |
| 2.3. Metodologías para la determinación de las propiedades químicas.                                | 27        |
| 2.3.1. Determinación de los sólidos solubles totales (SST)  | 27        |
| 2.3.2. Determinación del pH   | 27        |
| 2.3.3. Determinación de la acidez titular total   | 28        |
| 2.3.4. Determinación del contenido de humedad y materia seca  | 29        |
| 2.4. Metodología para determinar los daños mecánicos  | 30        |
| 2.5. Metodología para el procesamiento y análisis estadístico de los datos                          | 32        |
| <b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   | <b>33</b> |
| 3.1. Resultados obtenidos relacionados con el tamaño muestral                                       | 33        |
| 3.2. Análisis de los resultados de las propiedades químicas obtenidas y el tiempo de almacenamiento | 33        |
| 3.2.1 Análisis de los resultados relacionados con los sólidos solubles totales                      | 33        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.2 Análisis de los resultados obtenidos relacionados con el pH   | 34        |
| 3.2.3. Análisis de los resultados obtenidos relacionados con la acidez titular total                                | 35        |
| 3.2.4. Análisis de los resultados relacionados con la humedad de la cáscara y del contenido de materia seca         | 37        |
| 3.3. Análisis de los resultados de los daños mecánicos en el manejo de la fruta a diferentes alturas y superficies. | 38        |
| 3.4. Resultados obtenidos relacionados con las principales propiedades físicas.                                     | 41        |
| 3.5. Normas nacionales e internacionales relacionadas con el manejo poscosecha del banano                           | 42        |
| 3.6. Propuesta de estrategias para un óptimo manejo poscosecha del banano.  | 42        |
| <b>CONCLUSIONES</b>   | <b>44</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>  | <b>45</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>   |           |

# *Introducción*



## INTRODUCCIÓN

El nombre de plátano, banana, banano, cambur, topocho o guineo agrupa a un gran número de plantas herbáceas del género Musa.

Plátano se refiere inicialmente a la planta, musa al género, y banana al fruto. Sin embargo hay distintos usos locales de estos términos en los distintos países hispano-hablantes.

El Cavendish gigante es un banano de porte mediano, con el pseudotallo moteado de pardo, con bananas de mayor tamaño que el 'Cavendish Enano', de cáscara más gruesa y sabor más intenso. Es la principal variedad en Colombia, Ecuador y Taiwán.

En todo caso, es la fruta intertropical más consumida del mundo. Se trata de una fruta que crece en racimos de hasta cien unidades y 50 kg de peso; de color amarillo cuando está maduro, es dulce y carnoso, rico en carbohidratos, potasio, vitamina A y vitamina C. Es mucho más rico en calorías que la mayoría de las frutas por su gran contenido en fécula; de los 125 g que pesa en promedio, el 25% es materia seca, que aporta unas 120 calorías.

Los bananos se cultivan en más de 130 países, desde el sudeste asiático de donde son nativas, hasta Oceanía y Sudamérica; el principal productor mundial es la India, de donde proceden casi un cuarto de los frutos comercializados en el mundo, aunque buena parte de los mismos son para consumo doméstico. El principal y mayor exportador es Ecuador, que genera casi un tercio de las exportaciones globales, es un exportador residual. Llena vacíos de exportación de otros países. Su producción es, a diferencia de otros países latinoamericanos, controlado por productores nacionales, debido a limitaciones legales impuesto a la propiedad extranjera. El segundo país exportador es Costa Rica.

Se considera que los exportadores latinoamericanos tienen una elasticidad de la oferta al precio muy alto. La oferta de estos países rápidamente se ajusta eliminando la capacidad excesiva existente o variando las normas de calidad en dependencia a como este el mercado.

En Cuba los bananos y plátanos (*Musa ssp*) constituyen un renglón de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional, debido a su capacidad de producir todos los meses del año, su elevado potencial productivo, arraigado hábito de consumo y diversidad de usos. La producción de plátanos y bananos posee gran significación dentro de la producción de frutas en Cuba, pues representa más del 40% de este indicador anualmente.

Desde el momento de la cosecha hasta su venta, en nuestro país, se hace imprescindible establecer normas con el fin de preservar la calidad de los productos agrícolas, posibilitando que estos lleguen en óptimas condiciones al consumidor o a la unidad procesadora, por lo que se hace necesaria un adecuado manejo del producto para evitar que los mismos sufran daños mecánicos que los hagan inservibles. Según (Martínez, 2012) la conservación de productos agrícolas de alto consumo constituye una prioridad nacional atendiendo a las pérdidas que se registran en la etapa de poscosecha, debido a factores de orden tecnológico, deficiente infraestructura de las vías de transporte, empaques inadecuados, fallas y carencias en los procesos de recolección, selección y clasificación; todo lo cual se refleja en problemas de comercialización por mala calidad del producto ofrecido y el consecuente desestímulo a la producción.

Para un óptimo manejo de los frutos agrícolas, debe tenerse presente que estos productos son estructuras vivas, que no mueren con su cosecha, si no, que siguen desarrollándose fisiológicamente hasta alcanzar su estado de senescencia.

Por todo lo antes mencionado el **objeto de estudio** se centra en el estudio del banano Cavendish gigante (Jonson) y se identifica como **problema científico** ¿Cómo inciden los parámetros físicos- químicos y mecánicos del banano en la calidad de la fruta durante el manejo poscosecha? Para el cual se diseñó la siguiente **hipótesis**: con el análisis de los parámetros físicos- químicos y mecánicos es posible realizar un óptimo manejo del fruto en la poscosecha.

Para dar cumplimiento a la hipótesis anterior se plantean los siguientes objetivos.

**Objetivo General:**

➤ Evaluar los parámetros físicos- químicos y mecánicos del banano (*Musa spp.*) para un óptimo manejo poscosecha del fruto.

**Objetivos Específicos:**

➤ Analizar la influencia del almacenamiento en los parámetros químicos del fruto.

➤ Determinar las propiedades físico-químicas en condiciones de laboratorio.

➤ Determinar las propiedades mecánicas de la fruta.

➤ Proponer estrategias para un óptimo manejo poscosecha del banano.

# *Capítulo I*



## **CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Actualmente en nuestro país la producción de banano está basada en varios clones pertenecientes a los subgrupos Cavendish (AAA), Plantain (AAB), Burros (ABB) y tetraploides (AAAA, AAAB, AABB), introducidos de la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) (INIVIT, 2007). Una de las variedades empleadas comercialmente es el cultivar Cavendish gigante (Jonson), perteneciente al subgrupo Cavendish, caracterizado esencialmente por su alto contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) (Gastón et al, 2006).

### **1.1. Prácticas precosecha que afectan la calidad del banano**

Todo lo que se pueda decir y hacer en la fase de poscosecha no significa nada, si las labores previas a ella han sido descuidadas. Todas aquellas acciones preventivas, incluyendo la selección del material a sembrar, los cuidados culturales que el cultivo involucra y un adecuado manejo fitosanitario para evitar infecciones fungosas, bacteriales, virales y enfermedades fisiológicas, durante el lapso total del desarrollo del racimo, son imprescindibles si se quiere llegar a la cosecha con frutos de óptima calidad (Hernández, 1973).

#### **Preparación del suelo**

Es requisito fundamental que el suelo quede bien mullido y profundo para facilitar la penetración del sistema radicular. El número de labores estará en dependencia del tipo de suelo y del cultivo antecesor con una duración cercana a los 45 días. Como labores fundamentales están la subsolación y nivelación para mejorar drenaje interno y superficial.

El surcado se realizará lo más profundo posible en función del tipo de suelo (entre 25 - 40 cm) (Riofrío, 2003).

#### **Material de propagación**

➤ Vitroplantas: Se establecerán en viveros para su adaptación, se pueden plantar en bolsas de polietileno, bandejas u otras alternativas, con sustrato de suelo (60%) +

materia orgánica (40%). La altura de la planta para su trasplante deberá estar entre 12 – 15 cm.

➤ CRAS (Centro de Reproducción Acelerada de Semillas): Para la producción de semillas por este método los cormos se fraccionarán según su calibre (Tabla.1.1).

Tabla 1.1. Recomendaciones de los calibres para el cultivo del banano. Fuente: (INIVIT, 2004).

| <b>Calibres</b> | <b>Peso (Kg)</b> | <b>Nº de Fracciones</b> |
|-----------------|------------------|-------------------------|
| A               | > 2.72           | 10 – 8                  |
| B               | 1.81 – 2.72      | 8 – 6                   |
| C               | 0.9 – 1.80       | 6 – 4                   |
| D               | 0.5 – 0.9        | 2 – 3                   |
| Yemas           | ≤ 0.5            | Sin fraccionar          |

La altura de la planta para su trasplante (Fig 1.1) deberá ser de 20 cm y en el momento de la plantación se dejará la hoja cigarro más 1 ó 2 hojas picadas a la mitad.



Fig 1.1 Altura de la planta para su trasplante. Fuente:(INIVIT, 2004).

➤ Pre germinador: Se puede establecer con fracciones de cormos (Fig 1.2), yemas, vitroplantas y plántulas de CRAS. Cuando se utilizan yemas, éstas deben ser clasificadas en los calibres siguientes:

- Calibre D: (900 – 500 gramos);
- Calibre E: (500 – 300 gramos);
- Calibre F: (300 – 100 gramos);
- Calibre G: (100 – 50 gramos).



Fig 1.2. Diferentes fracciones de cormos. Fuente: (INIVIT, 2004).

La distancia de plantación establecida en los pre-germinadores para los clones de plátano fruta y vianda será de: 1.40 – 1.80 m de calle X 0.40 – 0.60 m entre plantas.

La extracción de las semillas se realizará a los 5 – 7 meses en función de la época de plantación.

➤ Viveros: Para los sistemas extra densos se deben utilizar vitroplantas o yemas en bolsas de polietileno u otras alternativas. Las plantas deben tener una altura de 20 – 30 cm para el trasplante (INIVIT, 2004).

## Plantación

La época de plantación es durante todo el año, aunque cuando se carece de riego se efectúa la misma en los meses de marzo-agosto. En la tabla 1.2 se aprecia la distancia de plantación recomendada por el Instituto Nacional de Investigación de Viandas Tropicales (INIVIT) de Cuba.

Tabla 1.2. Distancia de Plantación (INIVIT, 2007).

| Método          | Distancia     | Densidad        | Conducción  |
|-----------------|---------------|-----------------|-------------|
| Hilera sencilla | 4 x 1.60m     | 1562 plantas/ha | Un portador |
| Hilera doble    | 4 x 2 x 1.80m | 1854 plantas/ha | Un portador |
| Hexagonal       | 2.30 x 2.65m  | 1639 plantas/ha | Un portador |

## **Riego**

Los plátanos y bananos son plantas que requieren grandes cantidades de agua para alcanzar un abundante follaje y fuertes pseudotallos, pero es susceptible a desarrollarse en condiciones desfavorables con una reducción sustancial de sus rendimientos. En ausencia de lluvia se necesitan frecuentes riegos; aunque el consumo de agua por parte de la planta no es uniforme, pues varía durante los períodos de crecimiento, el ahijamiento, la emisión de la inflorescencia y el llenado de los frutos. Evidentemente, el plátano responde bien a grandes cantidades de agua aplicadas en intervalos frecuentes (Haarer, 1965).

Los tres sistemas de riego más utilizados son: Riego por gravedad, aspersión y localizado. Para los sistemas de riego por gravedad y aspersión se recomienda la aplicación de 4-5 riegos/mes en los suelos ferralíticos rojos y nunca menos de 3 para los suelos oscuros. En el caso del sistema localizado (microjet aéreos y terrestres) es necesario planificar riegos diarios entre 2-3 horas (Martínez, 1984).

## **Fertilización**

De no contar con fertilizantes químicos, aplicar otras fuentes alternativas como:

- **Materia orgánica (M.O.):** Pueden ser utilizados los siguientes materiales (cachaza, ceniza, compost, gallinaza, humus de lombriz, etc). La dosis recomendada es de 20 Kg/planta de M.O. (cachaza, compost, vermicompost, humus, etc) + 10 Kg/planta de ceniza; se deben aplicar: 50 % en el momento de la plantación en el fondo del surco y 50% a los 90 días posteriores, alrededor de la planta.
- **Biofertilizantes (micorrizas):** La principal especie es la *Glomus intraradices*, a una dosis de 100 g/planta en el momento de la plantación (Norma técnica para el cultivo del plátano, 1976).

De contar con fertilizantes químicos, la dosis, el momento y forma de aplicar los mismos es la siguiente:

- Fertilización nitrogenada (Urea-46% o Nitrato de Amonio-34%) 10 o 13.5 t/cab según el portador, fraccionadas en 4 aplicaciones a partir de los 45 días de plantado (45 – 90 – 135 –<sup>1</sup> 180 días).
- Fertilización potásica (KCl-60%) 20 – 40 t/cab en dependencia de la riqueza del suelo, fraccionadas en 2 aplicaciones como mínimo (una a los 45 días y la otra a los 135 días).

La aplicación será en forma circular alrededor de la planta madre (Fig 1.3).



Fig 1.3. Fertilización potásica en forma circular. Fuente: (Orozco, 1998).

En caso de no tener portadores y contar con una fórmula completa, ajustar la aplicación en base a los contenidos de potasio de la misma (Orozco, 1998).

### **Principales plagas que afectan los cultivos de bananos y plátanos en Cuba**

Las plagas y enfermedades que afectan el cultivo del banano son diversas, e inciden en todo el proceso de desarrollo de la planta, siendo algunas de estas enfermedades la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) y la plaga Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), las que más atacan a este cultivo, ya que el mismo no es resistente a ellas.

- Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) es causada por *Mycosphaerella fijiensis Morelet* es la enfermedad más importante del cultivo de plátanos (Fig 1.4). La enfermedad presenta esporas sexuales (ascosporas) y asexuales conidios. La

---

<sup>11</sup> 1 cab = 13,4 ha.

formación de ascosporas y conidios es favorecida por el clima húmedo y lluvioso y son fácilmente distribuidas por el viento.

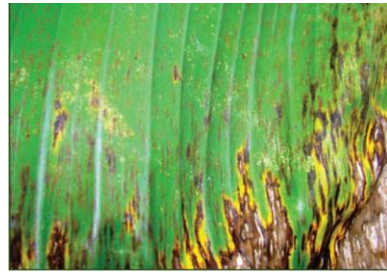


Fig 1.4. Presencia de la Sigatoka Negra en la hoja del banano. Fuente: (Guerrero, 2010).

➤ Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*). Esta es la plaga de insecto más común y dañino de los platanales en Cuba (Fig 1.5). El insecto requiere para su reproducción material orgánico en descomposición y buena humedad. Por ello todos los residuos de pseudotallos que queden sin picar son albergue de la plaga y foco permanente de infestación.



Fig 1.5. Plaga Picudo negro. Fuente: (Guerrero, 2010).

Existen otras plagas y enfermedades muy frecuentes en este cultivo como son:

- Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum f. sp cubense (Foc)*);
- Pudrición de la corona (*Fusarium pallidoros eum, Colletotrichum. musae y Fusarium spp*);
- Pudrición acuosa del cormo y necrosis del rizoma (*Erwinia chrysanthemi*);
- Nemátodos;
- Hormiga leona (*Pheidole megacephala*);

- Acaro rojo (*Tetranychus tumidus*);
- Chinchas harinosas (*Pseudococcus adonidum*, *Pseudococcus comstocki*, *Pseudococcus sp.*, *Planococcus citri*).

### **Medidas de exclusión para la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)**

- Debe limitarse el movimiento de material agámico de plantación procedente de plantaciones afectadas a áreas libres. La Sigatoka negra puede estar presente en las hojas lanceoladas de los hijos de espada.
- Preferiblemente usar vitroplantas procedentes de cultivo de tejidos que además va a estar libres de nemátodos, picudo negro y bacterias del género *Erwinia*. De no ser esto factible, procurar no mover residuos de hojas que puedan mover el hongo. Algunos clones con cierta resistencia a Sigatoka negra, pueden requerir, durante los meses muy favorables a la enfermedad, de la ejecución de tratamientos si no se realizan deshojes sanitarios. El objetivo de los deshojes es disminuir la aparición de frutos maduros producto de la emisión de etileno que se producen en las hojas y la eliminación del inóculo. Hay tres modalidades despunte, deslaminado o deshojes. El mismo debe practicarse solo eliminando las zonas necróticas de la hoja y la hoja se elimina solo en el caso de que más del 50% de su superficie esté afectada.

Uso de fungicidas:

- Cinco grupos de ingredientes activos son utilizados en alternancia para el control de Sigatoka negra. Estos son: triazoles, morfolinas, benzimidazoles y carbamatos.

### **Medidas de exclusión para Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*)**

Las recomendaciones existentes para el control de la plaga incluyen la utilización de medidas culturales, químicas y de lucha biológica.

- Control cultural: Es el único medio comúnmente disponible mediante el cual los pequeños productores pueden reducir las poblaciones de esta plaga. Para detectar el nivel de infestación, se usan trampas del tipo Sándwich o pseudotallo largo, las cuales se preparan con porciones de plantas recientemente cosechadas. A esto se le

introduce un insecticida como el Oxamil y se revisan semanalmente para ver el número de picudos que tenga y en consecuencia con ello suministrarle otro producto químico.

➤ Control químico: es el método más difundido para controlar picudos, pero si no se hace de manera ordenada, puede causar efectos negativos como inducción a la resistencia, emergencia de plagas secundarias reducción de la población de insectos benéficos, problemas ambientales y de salud humana; antes de la siembra y posteriormente efectuar aplicaciones preventivas al inicio y salida de las lluvias con insecticidas.

➤ Lucha biológica: En la naturaleza existen otros insectos que matan las plagas como son; los escarabajos, tijeretas, hormigas, hongos que los enferman y pueden disminuir su población(Alvaréz, 1981).

## **1.2. Cosecha y manejo del fruto en la plantación**

### **Maduración**

La maduración de los frutos se conoce como el proceso mediante el cual adquieren las características que los hacen aptos para ser comestibles. Se consideran dos tipos de maduración: técnica y fisiológica. La maduración técnica se presenta cuando los frutos están listos para el consumo, ya sea verde, pintón o maduro (como su nombre lo indica, es un término técnico). Hay muchos frutos en que su estado óptimo para el consumo es cuando está verde y en estado de madurez ya no está apto para ser consumido. Durante la etapa de maduración fisiológica, los frutos experimentan transformaciones físicas y químicas, que provocan cambios en: color, olor, sabor, textura, etc (Martínez, 2012).

### **Determinación de la maduración para la cosecha**

Los métodos usados para medir la maduración de un producto pueden basarse en una estimación subjetiva por parte de las personas que están realizando la operación. Para lograr esto se pueden usar la vista, el tacto, el olfato, la formación de cambios morfológicos, los cálculos y la resonancia. Estos métodos pueden tornarse más objetivos y quizás más consistentes usando ayudas como cartas de coloración (Arrieta

et al 2006). Análisis químicos y físicos también son utilizados y éstos dependen de los procedimientos de muestreo y pueden ser usados sólo para productos a los cuales se les puede tomar una muestra pequeña pero representativa (Dadzie et al, 1997).

## **Cosecha**

La etapa de recolección en el cultivo de plátano, está sujeta a las exigencias del mercado y al destino final de la fruta. Para el mercado nacional la cosecha del plátano está determinada por el grosor y llenado de la fruta, procedimiento que se realiza de manera visual, teniendo siempre en cuenta su estado “Pintón o maduro”, racimos de 11 a 12 semanas y grosor mínimo de 38 mm, de 10 a 22 frutos por mano para un total de 12 manos por racimo. En el mercado internacional la cosecha se basa en una edad de 9 a 11 semanas, grosor de 40 mm y largo de 28 cm (López, 1972).

La recolección se realiza manualmente con un machete, punzando el seudotallo un poco más arriba de la parte media, dejándole 30 cm al eje de la inflorescencia por la parte superior y de 15 a 30 cm por la parte inferior para poder ser manipulado, evitando siempre que el racimo toque el suelo, después estos son llevados hasta el centro de acopio de la finca (INIVIT, Febrero, 1985).

Según (Martínez, 2012), durante la etapa de cosecha la fruta sufre los mayores daños que conllevan al deterioro poscosecha de los bananos y a la pérdida de la calidad en el mercado. Los daños mecánicos están clasificados de la siguiente manera:

- Daños por comprensión;
- Daños por impacto;
- Daños por vibración.

## **Rendimiento**

El rendimiento de una plantación de bananos depende de las condiciones del suelo, de los métodos de cultivo y de la variedad plantada, pero puede esperarse una producción de entre 7 y 16 toneladas anuales de fruta por hectárea de plantación, y las

plantaciones comerciales intensivas superan las 23 toneladas/ha anuales (Simmonds, 1960).

### **1.3. Operaciones de la planta empacadora**

Después que el banano llega a la planta empacadora o centro de acopio se realizan un conjunto de actividades continuas con el fin de maximizar y mejorar su calidad. Dentro de las operaciones realizadas se encuentran:

#### **Desmane**

El desmane es un procedimiento por medio del cual se retiran con una cuchilla bien afilada y desinfectada, los dedos o manos del mástil y se depositan en un tanque con agua limpia, liberando la fruta de las suciedades y retirando el producto dañado. El desmane es preparar el producto para la venta, según la destinación de mercado (Menéndez y Hernández, 1923).

#### **Lavado**

Una vez se realiza el lavado, la fruta seleccionada se ubica en una solución de agua limpia y alumbre al 1% durante cinco a diez minutos, con el objetivo de cicatrizar los cuellos o dedos y evitar que la mancha afecte la piel del producto. Si el producto viene mojado del campo o alimentado por inmersión éste normalmente es pre limpiado con agua pero esto depende del producto. Muchos productos no pueden ser lavados porque esto puede incrementar sus niveles de pudrición ya que esto ofrece un adecuado ambiente para el desarrollo de hongos y bacterias.

#### **Limpieza en seco**

Algunos productos son limpiados sin agua. Hay sistemas de cepillos secos que sueltan cualquier hoja o partícula levemente adherida y dan un efecto de brillado con la opción de aspirar. La limpieza con cepillos también es significativamente más barato y puede darse en forma de máquina portátil.

Los aspiradores son máquinas simples que se valen de una fuerte succión de aire que quita cualquier hoja o materia que esté levemente adherida.

## **Selección y clasificación**

Se trata de seleccionar y clasificar la fruta según las normas de calidad establecidas para el consumo de producto fresco, a nivel nacional o internacional, procurando siempre aumentar la satisfacción de la demanda, mediante el cumplimiento de los requisitos señalados en las normas técnicas (Rodríguez, 1967).

## **Encerado y brillo**

Muchas frutas se pueden beneficiar de la aplicación de ceras y del brillo posterior. Esto no es simplemente para mejorar la apariencia, la que por su puesto es muy importante, sino también para mejorar la calidad del almacenamiento del producto (Thompson, Febrero de 1998).

### **1.4. Empaque**

Es importante que la fruta se fije dentro de la caja para que se sostenga apretada y reducir el movimiento de la fruta durante el transporte, pero no tan apretada como para que la fruta esté comprimida. Los bananos pueden variar considerablemente en tamaño, pero la caja que contiene la fruta debe permanecer del mismo peso. Esto ha llevado al desarrollo de técnicas en el empaque de las manos de banano usando películas de poliestireno y corrugado de pulpa (Montuschi, 1968).

## **Pesado y empaque**

Para el mercado nacional el empaque más utilizado es la canastilla plástica, con una capacidad de 18 a 22 Kg. de peso, resistente al transporte, reutilizable, lavable y permite el estibamiento del producto (López, 1995).

Para el mercado internacional, se utilizan cajas de cartón rígidas y perforadas, con envolturas de polietileno con huecos de ventilación de 0.05 milésimas de pulgada. Para evitar los daños por roce, los dedos grandes se colocan en la parte inferior y los rectos en la parte de arriba (aproximadamente 55 a 60 dedos por caja) (Laborem et al, 2012).

Tipos de empacadoras o centro de acopio:

El cultivo del banano puede ser recogido del campo de disímiles maneras, trayendo esto consigo algunas anomalías según el tipo de centro de acopio. En nuestro país el banano mayormente se recoge sin empaque, esto es lo más usual a pesar de que mayormente consume mucho tiempo y deja el producto desprotegido y sometido al daño por la manipulación. En muchos casos, los racimos de banano son recogidos del campo cargado sobre la cabeza u hombros de los recolectores (Fig 1.6) para transportarlos a la empacadora, como consecuencia de esto el banano es golpeado.



Fig 1.6. Recogida de banano en el campo. Fuente: (López, 1995)

Según (López, 1995), los empaques que se utilizan para este tipo de operación pueden ser los siguientes:

- Empaque en el campo;
- Bolsas y sacos;
- Sacos de fibra natural;
- Sacos y bolsas de plástico;
- Bolsas de papel;
- Canastos o cestos tejidas;
- Cajas de madera;
- Canastillas plásticas;
- Cajas estiba;
- Cajas de pulpa prensada.

## 1.5. Almacenamiento

La aplicación de programas de inocuidad de alimentos, a través de la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas y de Manejo, constituye pasos importantes para reducir los posibles riesgos de contaminación asociados con los productos hortofrutícolas a lo largo de la cadena de producción y distribución (Fig 1.7).



Fig 1.7. Correcto almacenamiento de los bananos. Fuente: (García et al, 2003).

Dentro de los procesos de almacenamiento y transporte de frutas y hortalizas encontramos factores físicos, químicos y biológicos, que pueden afectar la inocuidad de los productos. Estos factores son conocidos como riesgos que pueden provocar un daño a la salud del consumidor. Estos aspectos pueden estar, acompañados de la severidad del daño.

Las cajas empacadas deberán colocarse en una tarima generalmente de madera, aunque la tendencia es que sean de plástico de dimensiones estándar: 1.0 X 1.2 m. para evitar que tengan contacto directo con el suelo.

Existen diversas maneras de estibar las cajas, así como con respecto a la altura, las cuales dependen del producto del diseño y de la resistencia de la caja (Fig 1.8). Es importante permitir la circulación de aire a través de los orificios de las cajas para hacer eficiente el control de la temperatura. Debe haber una separación mínima entre las tarimas y la pared de 45 cm y 10 cm entre las tarimas y el suelo, dicha separación permite la ventilación adecuada, facilitando la limpieza y la inspección para detectar la presencia de roedores e insectos (García et al, 2003).



Fig 1.8. Ordenamiento de las cajas en el almacén. Fuente:(García et al, 2003).

Las cajas de banano son empacadas con polietileno y usualmente transportadas a bodegas de maduración y amontonadas en estibas. Para poder iniciar la maduración es común practicar la remoción de cada caja de la estiba, y reacomodar en las estibas para que haya un espacio entre las cajas. Esto es especialmente importante para frutas que han sido empacadas al vacío (sistemas de circulación de aire convencionales). El aire pasa a través del enfriador y luego hasta la parte superior de la bodega cerca al techo. El aire frío cae por convección por las cajas de las frutas y baja al nivel del piso para su recirculación.

Una buena ventilación para permitir que el aire fresco sea introducido es muy importante para el éxito de la maduración del banano. Durante el período de iniciación de la maduración, el cual es usualmente de 24 horas, no se introduce aire fresco en el almacenamiento. Este es el período cuando el etileno se introduce en las bodegas. Inmediatamente después de este período las bodegas deben ser perfectamente ventiladas. Si las bodegas no son ventiladas frecuentemente la maduración puede retrasarse, o se puede presentar una maduración anormal (Gavilán, 2008).

## **1.6. Transporte**

La adecuada manipulación de productos hortofrutícolas durante el transporte es crucial para la seguridad de los productos. Todo el tiempo y esfuerzos dedicados en la reducción de la contaminación microbiana durante la producción, cosecha, lavado y embalaje se habrán malgastado si las condiciones del transporte no son adecuadas (FAO, 2008).

Las operaciones de carga, descarga y transporte pueden dar lugar a la contaminación directa por contacto con otros productos ya sean alimentos o no. Es necesario evaluar las condiciones higiénicas donde quiera que se transporten o manipulen las frutas y hortalizas (Nava, 1997).

De acuerdo con (Kader, 2014)., las condiciones de transporte recomendadas son:

Temperatura de tránsito deseada:

- 13 a 14°C (56° a 58°F).

Humedad relativa deseada:

- 90 al 95 por ciento.

Punto de congelación más alto:

- 0.8° C (30.6°F)

Las bananas se transportan verdes y se maduran en el destino. Son muy sensibles a la temperatura; las temperaturas por debajo de las deseadas causarán daños por enfriamiento, y las temperaturas más altas que las deseadas pueden ocasionar la maduración rápida e inadecuada. Se requiere una correcta circulación de aire para mantener una temperatura uniforme en toda la carga, ya que las temperaturas que fluctúan son dañinas (Menéndez y Hernández, 1923).

Debe existir un respiradero de aire fresco para evitar la acumulación del gas etileno dentro del contenedor, lo cual podría ocasionar la maduración prematura. No se deben transportar las bananas con otros productos que no sean compatibles con respecto a temperatura, o que produzcan altos niveles de etileno (Muñoz y Murray, Septiembre, 1995).

### **Transporte nacional**

En el método tradicional, los racimos se llevan a oscuras en vehículos cerrados o en vehículos abiertos (Fig 1.9) y se transportan directamente hasta los puntos de embarque para el transporte de larga distancia, lo que ocasiona grandes pérdidas por

daños. El empaquetado en cajas para el transporte que abastece el mercado estatal (MAE) ha ocasionado durante años la pérdida de frutos por los golpes contra las paredes y fondo del recipiente, por lo que no se considera como el sistema más idóneo para el transporte. Hoy se acostumbra a transportarlas suspendidas (Fig 1.10), en vehículos acondicionados especialmente, para evitarlo, dependiendo del destino final de la producción, en este caso el mercado en divisa. Los racimos deben cubrirse para evitar que la luz induzca la maduración antes de tiempo. Antes del embalaje para el transporte de larga distancia, los racimos se lavan en tanques con una solución de hidróclorato de sodio para eliminar los restos de látex y mejorar su presentación; a veces, después del lavado, se aplica fungicida en la superficie cortada para evitar la podredumbre del fruto. Los racimos manchados o dañados después del lavado se destinan al consumo local.



Fig 1.9. Transporte nacional con destino al mercado estatal (MAE). Fuente: Archivo del autor.



Fig 1.10. Transporte nacional suspendido con destino al mercado en divisa. Fuente: (García et al, 2003).

## **Transporte internacional marítimo**

En su mayoría se transportan bajo temperaturas controladas para los productos de carga, así sea a granel o en contenedores. En 35% del producto fresco es transportado de esta forma. La mayoría de los productos son estibados antes del envío y mantenidos en esta condición durante la cadena de mercadeo, en algunos casos, esto se extiende hasta el mercado minorista. La estiba estándar internacional es de 1000 mm x 12000 mm, en los cuales el producto es arrumado hasta unos 2100 mm de alto. Las bodegas en los barcos comúnmente son de 2250 mm de alto y los contenedores son iguales y más altos para que las cargas de estibas, las cuales puedan acomodarse con un espacio que permita la circulación del aire.

## **Transporte con atmósfera controlada**

Los niveles de control de algunos de los gases en contenedores han sido usados por muchos años para incrementar la vida del producto fresco durante el transporte y en el mercado. El grado de control sobre los gases en un contenedor es afectado por lo herméticamente sellado que esté el contenedor, algunos sistemas anteriores tenían una tasa de escape de 5 m<sup>3</sup>/hora o más, pero los sistemas actuales pueden estar por debajo de 1 m<sup>3</sup>.

## **Transporte internacional aéreo**

Varios tipos y tamaños de contenedor son usados para transporte aéreo. Estos son arrumados en el cuerpo del avión normalmente en espacio justos. Las condiciones a las cuales el producto es expuesto durante el transporte fueron observadas en Japón. Los contenedores que son usados en el avión tienen un control total sobre la temperatura y los gases (García et al, 2003).

### **1.7. Control e inspección de la calidad del banano**

La calidad es un grado de excelencia y es relativa en naturaleza a un estándar (ejemplo: buena calidad, mala calidad) (Kader, 2007). Por lo tanto existe una amplia gama de definiciones que a menudo se refieren a: características particulares del sabor

de un fruto, apariencia, tamaño y niveles de daño de un fruto en particular (Champion, 1969).

Estos requerimientos de calidad están avalados por las Normas Alimentarias del Codex (CODEX STAN, 205-1997) para el banano (Anexo 1), que no varían de un mercado a otro.

**Los factores que influyen en la calidad de las frutas y las hortalizas son:**

1. Genéticos.
2. Pre-cosecha:
  - Clima- Prácticas culturales;
  - Suelos.
3. Cosecha:
  - Madurez;
  - Método de recolección;
  - Tratamiento post-cosecha;
  - Temperatura;
  - Humedad;
  - Gases;
  - Tratamientos químicos, encerado;
  - Tratamientos de adecuación;
  - Curación, etc.

Interacciones de cualquiera de los factores anteriores (Rosales et al, 27-29 de julio de 1999).

## **Normas de calidad para las frutas**

Las normas de calidad para la fruta fresca están disponibles en la mayoría de los países. En Cuba la norma (NC-77-96), (Anexo 2) muestra las especificaciones de calidad del plátano fruta con destino consumo. Estas normas se comprueban a través de una inspección de muestras. A menudo se hace una evaluación subjetiva por parte de expertos en el tema. En muchos casos los comerciantes tienen sus propias normas pero relacionarlas con los requerimientos de sabor del consumidor continúa siendo una tarea muy difícil de lograr. Las normas de calidad deben ser pragmáticas y reales, aquellas que no puedan ser cumplidas, medidas o evaluadas con sostenibilidad son inaceptables. La obligatoriedad de las normas puede hacerse a través de la legislación gubernamental o como es más común, cuando el comprador se rehúsa a adquirir productos que no logren cumplir con sus exigencias. Este último método se aplica comúnmente en los supermercados para sus proveedores como una sanción final en donde el proveedor ha fallado repetidamente en el cumplimiento de estas normas (MINAGRI, 1982).

# *Capítulo II*



## **CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para dar cumplimiento a los objetivos de esta investigación se selecciona la variedad de plátano Cavendish gigante (Jonson), debido a que esta fruta presenta altos rendimientos en el campo, sobresale por sus cualidades organolépticas (sabor, aroma, textura, olor). Esta variedad es de las más apreciadas por los consumidores a nivel mundial y en nuestro país gusta mucho por tener altos niveles de azúcares.

Los frutos seleccionados fueron cosechados en la empresa Municipal de Cultivos Varios, municipio Taguasco, provincia Sancti-Spíritus que se dedica fundamentalmente a la producción y comercialización de viandas, hortalizas y granos, representados en la actividad de Cultivos Varios. Los principales cultivos que se siembran en la empresa son el frijol con 1150 ha, el maíz con 2400 ha, la yuca con 1200 ha, el boniato con 600 ha, la fruta bomba con 110 ha y el plátano con 630 ha, de las cuales solo 40.5 ha están sembradas de banano Cavendish gigante (Jonson).

Los bananos investigados presentaron su floración en la primera semana de noviembre del 2014 y su momento óptimo para la cosecha de los mismos, se presentó en la tercera semana de abril del 2015 (22 semanas).

Para observar el desarrollo y evolución de los frutos desde su cosecha hasta su estado de senescencia las muestras se subdividen en grupos de y se monitorean en los días 1, 3, 6 y 9 posterior a la cosecha. Un subgrupo de la muestra se colocó en el interior de un refrigerador, marca Hailer, modelo HRF 25, durante 9 días, permitiéndonos comparar los cambios que ocurren entre los frutos que se encuentran en una atmósfera controlada a una temperatura de 4°C, con los conservados en condiciones normales de presión, humedad y temperatura. Estas investigaciones se realizaron en el Laboratorio de Bromatología, del Centro de Investigaciones Agropecuarias.

## **2.1. Metodología empleada para determinar el tamaño de la muestra**

Para el cálculo de la muestra se realizó un pre-experimento con un total de 15 frutos tomados al azar, cosechados con una madurez técnica (verde maduro). El tamaño de la muestra se calculó utilizando la siguiente ecuación de Carballo y Prado (1980):

$$n = (t^2 \times T^2) / \Delta^2 \text{ ec.2.1.}$$

Dónde:

n- tamaño de la muestra;

t<sup>2</sup>- criterio de student;

T<sup>2</sup>- desviación media cuadrática;

Δ<sup>2</sup>- error de la media.

El tamaño de la muestra se calculará para un error de la media menor de 5% y en un nivel de significación de 0,10.

## **2.2. Metodología para la determinación de las principales propiedades físicas en bananos**

Estos análisis se desarrollaron en el laboratorio de Bromatología, en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de nuestra facultad.

Según (Dadzie et al, 1997; Martínez, 2012), la metodología para la determinación de las características de los bananos se muestra a continuación:

### **➤ Determinación de la longitud de la fruta**

Se determina midiendo la curvatura exterior del dedo individual con una cinta métrica desde el extremo distal hasta el extremo proximal (Fig 2.1), donde se considera que termina la pulpa.

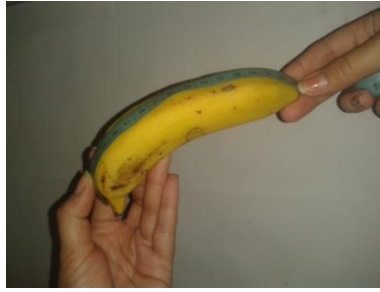


Fig 2.1. Medición de la longitud de la fruta. Fuente: Archivo del autor.

➤ **Determinación de la circunferencia de la fruta**

La circunferencia del dedo es determinado midiendo la fruta individual con una cinta métrica en su punto más ancho (Fig 2.2).



Fig 2.2. Medición de la circunferencia de la fruta. Fuente: Archivo del autor.

➤ **Determinación del grosor de la cáscara y de la pulpa**

Después de cortarla transversalmente en el punto central, la fruta se pela y se mide la cáscara y la pulpa por separado con un pie de rey (Fig 2.3). La sensibilidad (precisión) del instrumento es de 0,01 mm.



Fig 2.3. Medición del grosor de la cáscara y la pulpa del fruto. Fuente: Archivo del autor.

➤ **Determinación del diámetro y profundidad del impacto**

Para la medición del impacto y la profundidad del mismo se hará un corte transversal en el punto medio del impacto y se realizara la medición utilizando una regla graduada transparente y un pie de rey (Fig 2.4).



Fig 2.4. Medición de la profundidad del impacto. Fuente: Archivo del autor.

➤ **Determinación de la relación pulpa/cáscara**

Se separan la pulpa y la cáscara, se pesan individualmente (Fig 2.5) y se expresan como una relación pulpa/cáscara (es decir, el peso de la pulpa dividido entre el peso de la cáscara), para esto se utiliza una balanza analítica Denver, modelo SI-234, con precisión de 0,0001 g.



Fig 2.5. Peso de la pulpa y la cáscara del fruto. Fuente: Archivo del autor.

## **2.3. Metodologías para la determinación de las propiedades químicas**

### **2.3.1. Determinación de los sólidos solubles totales (SST)**

Según la Norma cubana (NC-ISO: 2173, 2001), el procedimiento a emplear será el siguiente:

- 1) Licue en un mezclador de cocina 30 g de tejido de pulpa (de la sección transversal de la fruta) en 90 mL de agua destilada, durante 2 minutos en un agitador magnético alemán, modelo MLW y luego filtre la mezcla.
- 2) Coloque una gota del filtrado en el prisma del refractómetro manual, modelo (PZO polaco), dirija el refractómetro hacia una fuente de luz y lea el porcentaje de sólidos solubles totales (Fig 2.6). El valor registrado se multiplica por tres (debido a que la muestra inicial de la pulpa ha sido diluida tres veces con agua destilada).



Fig 2.6. Medición de los grados Brix. Fuente: Archivo del autor.

### **2.3.2. Determinación del pH**

De acuerdo con (NC-ISO: 1842, 2001), el procedimiento utilizado para la determinación del pH será el siguiente:

- 1) Pese 30 g de pulpa y colóquela en un mezclador de cocina añadiendo 90 mL de agua destilada, luego licue durante 2 minutos en un agitador magnético alemán, modelo MLW y filtre a través de un papel de filtro.
- 2) Encender el medidor de pH (portátil 315I) 15 minutos antes de comenzar a medir y calibrarlo.

- 3) Lave el electrodo del medidor de pH (portátil 315I) en agua destilada y colóquelo en el filtrado.
- 4) Deje unos minutos para que el medidor se estabilice antes de realizar la lectura (Fig 2.7). Registre el valor del pH del filtrado. Lave el electrodo del medidor con agua destilada y guárdelo como lo recomiendan las instrucciones del fabricante.



Fig 2.7. Determinación del pH. Fuente: Archivo del autor.

### **2.3.3. Determinación de la acidez titular total**

Según la Norma Cubana (NC-ISO: 750, 2001), la acidez titular total de los bananos, bananos de cocción y plátanos se mide de la siguiente manera:

- 1) Pese 30 g del tejido de la pulpa y colóquelo en un mezclador de cocina, añadiendo 90 mL de agua destilada. Luego licue la mezcla por 2 minutos en un agitador magnético alemán, modelo (MLW) y fíltrela.
- 2) Transfiera 25 mL de filtrado en un frasco cónico de 125 mL.
- 3) Añada 25 mL de agua destilada y 4-5 gotas de indicador de fenolftaleína.
- 4) Llene una probeta de 25 mL de capacidad con la solución 0.1 N de hidróxido de sodio (NaOH) y ajuste la marca cero después de eliminar las burbujas.
- 5) Titule con 0.1 N de hidróxido de sodio (Fig 2.8) hasta que el indicador cambie su color a rosado/rojo.

6) Registre el volumen titulado del NaOH añadido. Los resultados son expresados (por ejemplo, como mili equivalentes por 100 g de muestra) en términos del ácido predominante presente.



Fig 2.8. Bureta automática y de cristal manual para tritar (cantidad de NaH).

Fuente: Archivo del autor.

#### **2.3.4. Determinación del contenido de humedad y materia seca**

De acuerdo con (Dadzie et al, 1997; Martínez, 2012), los contenidos de humedad y de materia seca de los bananos, bananos de cocción y plátanos son determinados de la siguiente manera:

- 1) Etiquete y pese un contenedor vacío (por ejemplo, un plato de aluminio) en una balanza analítica Denver, modelo DI-234, con una precisión de 0,0001 y registre el peso (A);
- 2) Coloque aproximadamente 30-50 g de muestras de cáscara o de pulpa frescas y molidas en el contenedor y registre el peso (B);
- 3) Coloque las muestras en un horno de aire circulante a 100°C durante un día (24 horas);
- 4) Transfiera las muestras del horno a un aparato para disecar y refresque a temperatura ambiente.
- 5) Pese las muestras nuevamente después del secado (C).

El porcentaje del contenido de humedad y materia seca de la muestra es calculado por las siguientes expresiones:

$$\text{Peso fresco de la muestra (D)} = B - A \text{ ec.2.2}$$

$$\text{Peso de la muestra seca (E)} = C - A \text{ ec.2.3}$$

$$\% \text{ del contenido de humedad} = (D - E) / D \times 100 \text{ ec.2.4}$$

$$\% \text{ del contenido de materia seca} = 100 - (\% \text{ del contenido de humedad}). \text{ ec.2.5}$$

## **2.4 Metodología para determinar los daños mecánicos**

Según (Dadzie et al, 1997; Martínez, 2012), la determinación de la susceptibilidad a los daños por impacto de los frutos investigados se determinará siguiendo los siguientes protocolos:

1) Utilizando el Laboratorio de Física, de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la UCLV “Marta Abreu de las Villas” específicamente el instrumento para la determinación de la componente (g) de la gravedad, la cual dispone de un instrumento y de una tarjeta de interfase china, modelo (HPCI-1 COMPUTER AIDED PHYSICS LABORATORY), se deja caer en caída libre sobre cada fruto seleccionado una pesa de 10,8 g (0.0108 Kg) a una altura de 1,10 m. Posteriormente se deja transcurrir un tiempo mínimo de 48 horas en una bandeja. Transcurrido este tiempo, se determina el área impactada, posteriormente se cortan los frutos por el centro del área impactada y se toma la profundidad de la magulladura, con estos parámetros se pasa a determinar: el volumen de la magulladura, la energía del impacto y la susceptibilidad del fruto impactado a la energía del impacto evaluado.

2) Empleando un instrumento manual, el cual porta una escala graduada desde el suelo hasta su máxima altura (1,20 m), variando en 0,15 m, se deja caer en caída libre los fruto seleccionados, con masas similares a 500 g, a una altura seleccionada igual a 1.10 m, sobre superficies de acero, goma y madera.

Seguidamente, se deja transcurrir 48 horas y se calculan los mismos parámetros anteriormente mencionados.

3) Utilizando el protocolo 1, se evaluó esta prueba a dos alturas diferentes (0.90 y 1,10 m), por lo que estas provocarán daños mecánicos de diferentes intensidades en los frutos evaluados. Lo anterior permitirá determinar una frontera entre un mínimo y un máximo daño que pudieran ser provocados en bananos con semejantes grados de maduración, sometidos a diferentes energías de impacto.

En la figura 2.9 se muestran los instrumentos que se utilizaron para provocar los daños por impacto producidos a los frutos evaluados.

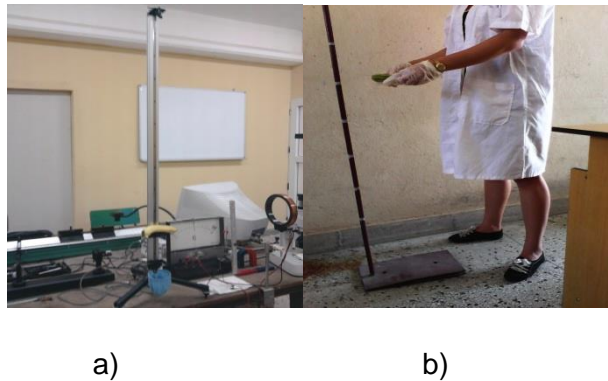


Fig 2.9. Instrumentos utilizados para la caída libre. a) Componente de la gravedad (automático); b) Instrumento manual. Fuente: Archivo del autor.

A continuación se presenta expresiones matemáticas que permiten determinar, la susceptibilidad del fruto a daños mecánicos por impactos:

➤ Área de la magulladura:

$$A = \pi * (d/2)^2 \text{ ec. 2.7}$$

Dónde:

A – área de la magulladura (m<sup>2</sup>);

d – diámetro de la magulladura (m).

➤ Volumen de la magulladura:

$$V = A * r/2 \text{ ec.2.8}$$

Dónde:

- V – volumen de la magulladura (m<sup>3</sup>);
- r – profundidad de la magulladura (m);
- Energía del impacto:

$$E = m * g * h \text{ ec.2.9}$$

Dónde:

- E – energía del impacto (J);
- m – masa del peso que impacta (Kg);
- g – constante gravitacional (m/s<sup>2</sup>);
- h – altura de caída del peso (m).
- Susceptibilidad del producto a los impactos:

$$S = V / E \text{ ec. 2.10}$$

Dónde:

- S – susceptibilidad a daños mecánicos por impactos.

## **2.5. Metodología para el procesamiento y análisis estadístico de los datos**

Los datos obtenidos de las lecturas de cada una de las variables establecidas serán tabulados mediante el tabulador electrónico Microsoft Excel. Para el procesamiento de datos será utilizado el paquete estadístico computacional para Windows STATGRAPHICS Plus ver-5.1. Se aplicaron procedimientos de comparaciones no paramétricas para determinar las diferencias estadísticas entre los diferentes grupos de estudio, para las cuales se tuvo en cuenta el nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ . También se correlacionaron las variables con el objetivo de analizar el grado de dependencia de cada una de las variables y su significancia.

# *Capítulo III*



## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

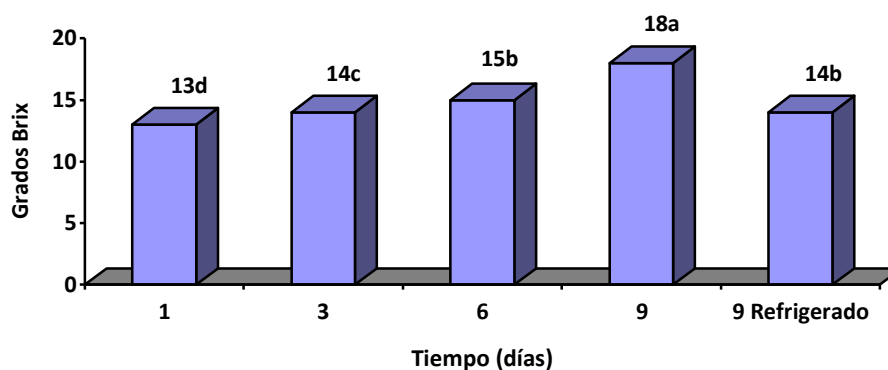
### 3.1. Resultados obtenidos relacionados con el tamaño muestral

Al darle cumplimiento a la ecuación de (Carballo y Prado, 1980), se determinó que el tamaño de la muestra para las pruebas de impacto serían de 10 frutos, mientras que para la determinación de las propiedades físico- químicas y mecánicas y los análisis de laboratorio el tamaño muestral sería de 3.

### 3.2. Análisis de los resultados de las propiedades químicas obtenidas y el tiempo de almacenamiento

#### 3.2.1 Análisis de los resultados relacionados con los sólidos solubles totales

Los resultados obtenidos de la comparación estadística referidos a los sólidos solubles totales, se muestran en la figura 3.1. Los mayores valores se presentaron en los frutos con nueve días posteriores a la cosecha, con diferencias estadísticas significativa ( $p$ -valor = 0.0104) del resto de las muestras medidas en la evolución poscosecha. Este parámetro se comportó de acuerdo con lo reportado por (Martínez, 2012), quienes plantean que durante la maduración de los bananos el contenido de sólidos solubles totales aumenta.



Promedio general: 15,15

Desviación estándar: 1,7

Estadístico K-W= 13,17

Fig 3.1. Evolución de los sólidos solubles totales. Fuente: Elaboración propia.

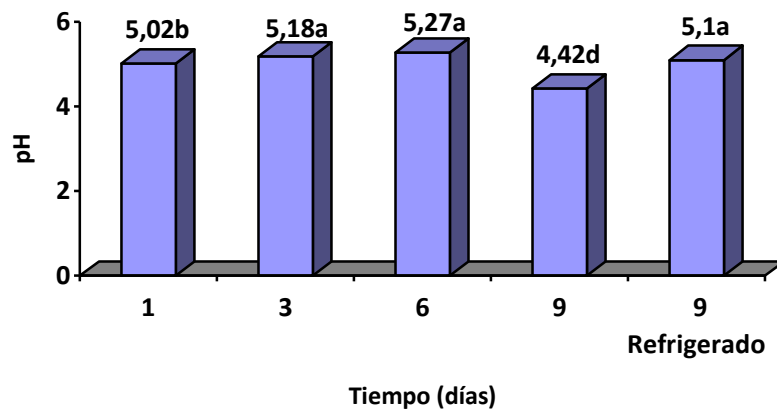
El grupo refrigerado presenta similitud estadística en su promedio con la muestra de 6 días posterior a la cosecha, debido a que durante el almacenamiento refrigerado la

fruta mantiene sus propiedades, desarrollándose de manera más lenta a las que están en condiciones de temperatura normales, lo que demuestra la importancia y validez de un correcto almacenamiento refrigerado de la fruta. Aquí se manifiesta que la fruta no se puede mantener almacenada más de 6 días, sino empezaría a mostrar signos de senescencia.

Según (Martínez, 2012), las frutas incluyendo los bananos contienen muchos compuestos solubles en agua, como por ejemplo, azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Estos compuestos forman el contenido de los sólidos solubles totales de la fruta. La magnitud del aumento de los SST depende del cultivar. En la mayoría de las frutas maduras, los azúcares representan el componente principal de los sólidos solubles. La cantidad de SST o azúcar en las frutas aumentan a medida que la fruta empieza a madurar, ya que el cambio químico poscosecha más impresionante que ocurre durante la maduración poscosecha de los bananos es la hidrólisis del almidón y la acumulación del azúcar (es decir, sacarosa, glucosa y fructosa), que son los responsables por la intensificación del sabor dulce de la fruta a medida que madura. El contenido de sólidos solubles en el banano representa un índice del estado de madurez del fruto.

### **3.2.2 Análisis de los resultados obtenidos relacionados con el pH**

En los resultados obtenidos referidos al pH, se presentaron los valores que se aprecian en la figura 3.2. Se puede apreciar que en el segundo y tercer día se presentaron los valores más alto con diferencias estadísticas del resto de la muestras para un p-valor= 0,008. A estas derivaciones también llegaron (Dadzie et al, 1997; Campuzano et al, 2010; Martínez, 2012), quienes afirman que el pH se ve influenciado por el estado de madurez de los frutos, un incremento en el estado de madurez ocasiona un aumento en el pH. Los valores de pH brindan la medida de acidez de un producto.



*Promedio general: 4,94*

*Desviación estándar: 0,32*

*Estadístico K-W= 13,54*

Fig 3.2. Evolución del pH. Fuente: Elaboración propia.

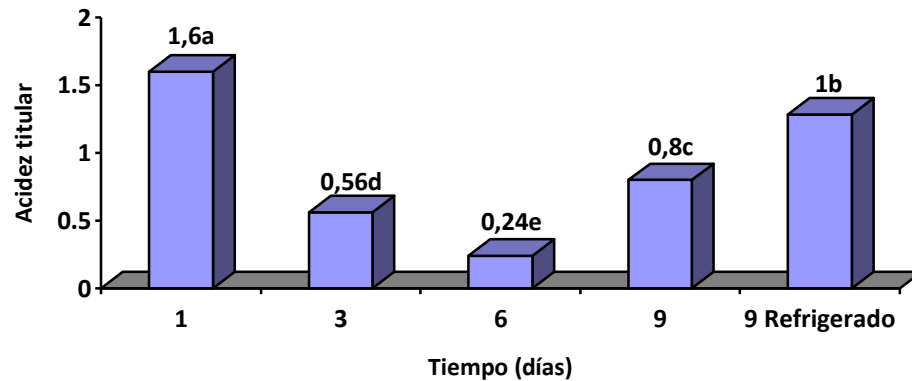
En la evaluación estadística se mostró que había similitud entre las muestras analizadas en los días 3, 6 y 9 refrigerado. Por tanto, se demuestra la necesidad de mantener la fruta bajo condiciones óptimas de almacenamiento, ya que mantiene semejante las propiedades principales del fruto, retrasando la maduración fisiológica del mismo, favoreciendo a una mayor vida de anaquel. Para que esta fruta llegue al mercado con una calidad óptima, el tiempo límite de almacenamiento no debe superar los 6 días posterior a la cosecha, ya que a partir de este punto la fruta empieza a mostrar un ligero incremento en la acidez del banano.

Es característicos de los frutos del banano cosechados con madurez técnica (verde maduro), la presencia de la mancha de tanino. Este tanino pasa de tanino hidrolizable a tanino soluble en forma de ácido tánico, por lo que hace que el pH aumente, a medida que se va degradando con la maduración. Hasta el sexto día, va creciendo el valor del pH, en este mismo punto ocurre un proceso de hidrólisis donde los azúcares se convierten en ácido, esto se desarrolla en un proceso anaeróbico, aquí aumenta la presencia de ácidos presentes como el ácido láctico, el ácido acético y el ácido málico, por lo que aumenta la acidez del fruto a medida que ocurre una disminución del pH.

### 3.2.3. Análisis de los resultados obtenidos relacionados con la acidez titular total

En los resultados obtenidos de la comparación estadística referidos a la acidez titular, se presentaron los valores que se aprecian en la figura 3.3. Se puede apreciar que existieron diferencias estadísticas entre todos los grupos establecidos para un p-valor=

0,008, donde la muestra del primer día posterior a la cosecha se presentó con el promedio más alto, debido a que la fruta se cosechó con un grado de madurez técnica (verde maduro). Este parámetro se comportó de acuerdo a la reportado por (Dadzie et al, 1997; Campuzano et al, 2010; Martínez, 2012), los cuales plantean que los ácidos orgánicos en los tejidos de la pulpa de la mayoría de los cultivares de banano, disminuyen durante la maduración o a medida que la maduración progresa.



Promedio general: 0,90

Desviación estándar: 0,51

Estadístico K-W= 13,52

Fig 3.3. Resultados obtenidos referidos a la acidez titular total. Fuente: Elaboración propia.

En esta propiedad los valores del fruto muestran cambios muy bruscos, por lo que no existe una similitud entre las muestras evaluadas en condiciones normales de temperatura y presión normal. En las condiciones de almacenamiento al disminuir la respiración de la fruta y retrasar la maduración, se mantiene durante más tiempo el fruto en un estado técnico, manteniendo sus propiedades y facilitando su transporte hasta un mercado meta determinado, sin influir en una degradación del producto. La venta o comercialización de la fruta debe realizarse hasta el día 6 en condiciones normales, ya que a partir de este punto se produce un incremento de la acidez titular.

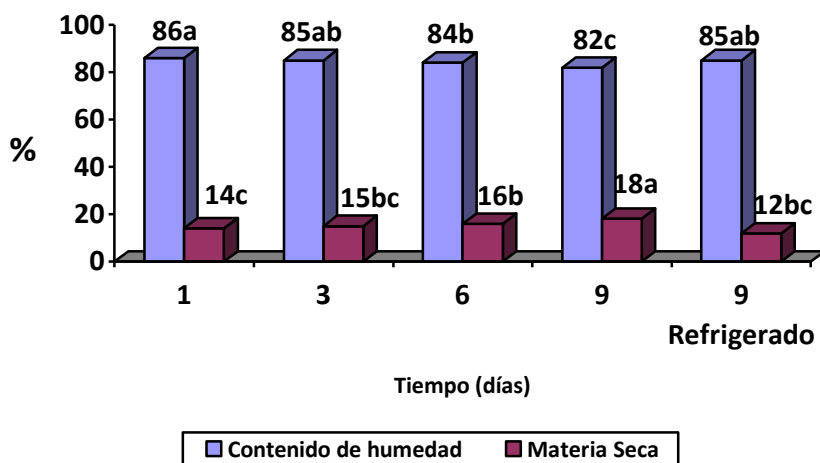
Al cosecharse la fruta con madurez técnica (verde maduro), el valor de la acidez titular es elevado motivado a la presencia de la mancha de tanino. Este ácido va desapareciendo a medida que la fruta comienza a entrar en la etapa de maduración, disminuyendo consigo la presencia de ácidos en el fruto. En el punto seis ocurre un proceso de hidrólisis, los azúcares se convierten en ácidos, ocasionando un incremento

en la cantidad de ácidos presentes en el fruto, por lo que aumenta considerablemente la acidez titular para el noveno día.

De acuerdo con (Dadzie et al, 1997), la evaluación de la acidez titular al igual que los valores del pH son indicadores de madurez de la fruta. Este análisis brinda en gran medida la cantidad de ácidos presentes en el fruto. En el caso del banano predominan los ácidos cítricos, los ácidos tartáricos y los *ácidos málicos*, siendo este último el más predominante. Los ácidos contribuyen grandemente a la calidad poscosecha del banano, ya que el sabor es principalmente un balance entre los contenidos de azúcar y de acidez, por tanto, la estimación poscosecha de acidez es importante en la evaluación del sabor de la fruta.

### 3.2.4. Análisis de los resultados relacionados con la humedad de la cáscara y del contenido de materia seca

La evaluación del contenido de materia seca es esencial, ya que suministran una medida del contenido de agua existente. También brindan a los fitomejoradores la información útil para determinar si el aumento del rendimiento es debido a un alto contenido de agua o a un genuino aumento del peso seco. En la figura 3.4 se presentan los siguientes resultados de las pruebas realizadas:



Media general (contenido de humedad): 84.45    Desviación estándar: 1.62    p-valor: 0.01  
 Media general (materia seca): 15.54    Desviación estándar: 1.63    p-valor: 0.017

Fig 3.4. Contenido de humedad y materia seca de la cáscara. Fuente: Elaboración propias.

En los resultados estadísticos dados respecto al contenido de humedad se puede observar que las muestras refrigeradas mantienen sus propiedades similares a los días 1, 3 y 6 poscosecha, según se observa en la figura 3.4. En tanto, el resto de la muestra 9 presenta los resultados más bajos del porcentaje de humedad de la cáscara con diferencias significativas. En tanto, similar comportamiento se muestra para la materia seca pero en sentido inverso, es decir, las muestras que presentaron mayor contenido de humedad mostraron menor contenido de materia seca, y hubo diferencia significativa. A medida que va madurando el banano se ve más afectado por las variables ambientales que inciden directamente en el proceso de deterioro del producto. Este parámetro se comportó de acuerdo a lo reportado por (Dadzie et al, 1997; Martínez, 2012), los cuales plantean que la alta tasa de respiración se incrementa a medida que madura el fruto, el contenido de humedad de la cáscara disminuye, mientras que el de la pulpa aumenta, debido a que la cáscara pierde agua liberándola tanto a la atmósfera, como a la pulpa. En la mayoría de los cultivares, el contenido de materia seca de la cáscara durante la maduración no cambia significativamente. Adicionalmente, debido a que los progenitores masculinos, principalmente bananos (diploides), utilizados para obtener algunos híbridos de plátanos, tienen un bajo contenido de materia seca, es importante evaluar este indicador para averiguar si esta característica ha sido traspasada a los híbridos obtenidos. La evaluación del contenido de materia seca podría brindar información útil sobre las diferencias en el contenido de humedad entre los híbridos de plátano y sus progenitores.

### **3.3. Análisis de los resultados de los daños mecánicos en el manejo de la fruta a diferentes alturas y superficies.**

En los resultados obtenidos en estas variables, se presentan los valores que se aprecian en la tabla 3.1, donde se muestra el comportamiento de los daños por impacto a diferentes alturas (0.90 – 1.10 m), con unas energías de impacto que varían desde 105.94 (J) hasta 116.54 (J). Aquí se evidencian las diferencias estadísticas entre los promedios de todas las variables analizadas obteniéndose los mayores valores para la muestra con la altura de 1.10 m. Este resultado induce que las diferencias de altura

repercuten de forma significativa en los daños que se le puedan inferir al fruto durante su manipulación para el transporte y almacenamiento.

Tabla 3.1. Resultados estadísticos de la comparación de las variables respecto a los daños por impacto en las frutas evaluadas a diferentes alturas. Fuente: Elaboración propia.

| <b>Altura (m)</b>   | <b>Susceptibilidad</b> | <b>Área de la magulladura (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Volumen de la magulladura (cm<sup>3</sup>)</b> |
|---------------------|------------------------|--|---|
| 0.90                | 0.00696                | 1.116  | 6.33  |
| 1.10                | 0.01143                | 1.673  | 7.6   |
| Media general       | 0.006                  | 1.39   | 0.7341  |
| Desviación estándar | 0.0018                 | 0.353  | 0.181   |
| p-valor             | 0.04                   | 0.0001   | 0.009   |

En la tabla 3.2, se refleja el comportamiento de los frutos impactados sobre tres superficies (acero, madera, goma). Para esta última evaluación se utilizó la propia masa de los frutos impactados, siendo estas masas muy similares, ya que se obtuvieron de las segundas manos de cada racimo.

Tabla 3.2. Resultados del comportamiento del banano sobre las superficies impactadas.

Fuente: Elaboración propia.

|                     | <b>Energía impacto (J)</b> | <b>Susceptibilidad</b> | <b>Área de la magulladura (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Volumen de la magulladura (cm<sup>3</sup>)</b> |
|---------------------|----------------------------|------------------------|--|---|
| Acero               | 1437.29a                   | 0.0117                 | 18.57a   | 17.204a   |
| Goma                | 1354.20b                   | 0.0079                 | 13.107b  | 11.559b   |
| Madera              | 1406.02ab                  | 0.0096                 | 14.680b  | 12.450b   |
| Media general       | 1399.07                    | 0.0097                 | 15.49  | 13.72   |
| Desviación estándar | 80.61                      | 0.0035                 | 3.57   | 4.97  |
| p-valor             | 0.02                       | 0.04                   | 0.001  | 0.01  |

En los resultados obtenidos en la energía de impacto se pueden apreciar que existen diferencias significativas entre las muestras impactadas en las superficies de acero y las impactadas sobre las superficies de goma. No siendo así en la superficie de madera, debido a que la misma no muestra diferencias estadísticas con respecto a las

otras superficies evaluadas. El área y volumen de la magulladura de la superficie de acero con respecto a la superficie de goma y madera mostraron diferencias estadísticas, no siendo así entre ellas. La susceptibilidad a los daños provocados, no reflejaron diferencias significativas. La evaluación de la susceptibilidad de la fruta a daños mecánicos puede suministrar información sobre el potencial de manipulación y almacenamiento del fruto o del cultivar, además de ser imprescindible en el diseño del empaque y del material de empaque para el producto.

Como se planteó en el epígrafe 2.9 (Materiales y métodos), a partir de los resultados obtenidos de estas evaluaciones podremos determinar una frontera entre un mínimo y un máximo daño que pudieran ser provocados en bananos con semejantes grados de maduración, sometidos a diferentes superficies, alturas y energías de impacto, donde apreciaremos que hasta una pequeña masa insignificante puede causar un daño irreversible en un fruto, afectando en una baja calidad de mercado y precios más bajos. En la figura 3.5 se muestran los detalles de los daños producidos a diferentes alturas (0.90 y 1.10 m) por diferentes energías de impacto en los bananos evaluados.



a)

b)

Fig 3.5. Detalles de los daños producidos por diferentes energías de impacto. a)  $E= 105.94$  (J);  
b)  $E=116.54$  (J).

En la figura 3.6 se aprecian los detalles de los frutos evaluados que fueron impactados sobre las tres superficies, a una altura de 0.90 m, viéndose de esta manera los daños ocasionados por diferentes energías de impacto.



a)

b)

c)

Fig 3.6. Detalles de los frutos impactados por diferentes energías. a) E= 1437.29 (J); b) E= 1354.20 (J); c) E= 1406.02 (J).

### 3.4. Resultados obtenidos relacionados con las principales propiedades físicas.

La tabla 3.3 muestra las variables longitud, circunferencia, grosor de la cáscara, grosor de la pulpa y la relación pulpa/cáscara de las muestras analizadas, las cuales no tuvieron diferencias significativas, se comportaron según lo esperado coincidiendo con otras investigaciones realizadas, referenciadas por (Arrieta et al 2006; Kader, 2014).

Tabla 3.3. Propiedades físicas de los bananos. Fuente: Elaboración propia.

| Parámetro evaluado        | Valor mínimo | Valor máximo | Valor medio |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Longitud (mm)             | 190          | 227          | 208.5       |
| Circunferencia (mm)       | 100          | 125          | 112.5       |
| Grosor de la cáscara (mm) | 2            | 3            | 2.5         |
| Grosor de la pulpa (mm)   | 31           | 37           | 28.5        |
| Relación pulpa/cáscara    | 1.2          | 2.5          | 1.85        |

Las propiedades físicas en la selección poscosecha deben ser evaluadas para determinar el momento óptimo de cosecha de la fruta. La madurez de la fruta está usualmente relacionada con la circunferencia y longitud de los dedos, por lo tanto, se puede realizar una estimación de la madurez del racimo. En la práctica comercial, la circunferencia del banano y el grado de cosecha se determina utilizando un pie de rey y midiendo el dedo medio en el círculo exterior de la segunda mano en cada racimo. Al igual ocurre para estimar la longitud de la fruta pero utilizando una cinta diseñada especialmente para ese propósito. Se puede apreciar que durante la maduración, las frutas muestran aumentos en varias de sus características, como la circunferencia, longitud, grosor de la cáscara y de la pulpa y la proporción entre la pulpa y la cáscara. Estos cambios ocurren simultáneamente con otros cambios visuales en la fruta, como el tamaño, forma, volumen, color de la cáscara y el extremo estilar. Generalmente, los cambios en las características de la fruta durante la maduración dependen del cultivar.

### **3.5. Normas nacionales e internacionales relacionadas con el manejo poscosecha del banano**

En Cuba para el banano con destino al consumo fresco existe la norma (NC-77-96, #34); (Ver Anexo 1), la cual está vigente desde 1991. Además están presentes las Normas Internacionales, dentro de las cuales se encuentra las normas del Codex Alimentarius (CODEX STAN 205-1997); (Ver Anexo 2), en la cual se presenta y describe todas las características que debe tener el producto para su consumo fresco, además de buscar uniformizar las diferentes tecnologías a emplear, por lo cual es de carácter obligatorio su cumplimiento en todos los países.

Por otra parte, se debe destacar que en el proceso de exportación de un producto pueden aparecer fallas en determinados eslabones del proceso (trazabilidad), por lo cual es necesario delimitar responsabilidades ya que está en juego un importante resultado económico. De lo anterior se infiere que la aplicación de normas es requisito indispensable para obtener en un producto su mayor efecto económico.

### **3.6. Propuesta de estrategias para un óptimo manejo poscosecha del banano.**

Utilizar la norma del Codex alimentario **CODEX STAN 205-1997**, además de agregarle las siguientes recomendaciones para el caso cubano:

1. Utilizar una funda plástica cuando el racimo esté formado que cierre en la parte superior del racimo y se quede abierta por abajo (para la respiración). Dentro de la funda se creará un microambiente igual en todas partes y el racimo sale con formación y grados homogéneos; además la funda protege al racimo del ataque de plagas y de temperaturas bajas.
2. Con el objetivo de minimizar los riesgos a daños mecánicos se pueden utilizar bandejas de madera rellena con espuma de goma sobre las cuales el racimo pueda colocarse durante la cosecha manual.
3. Empleo de medios mecánicos para transportar los racimos de banano del campo. Estos consisten en vías por cable que atraviesan toda la plantación. Estas vías por cable tienen carretillas miniatura que corren por los cables y agarran los racimos. Estas

carretillas están conectadas en grupos que forman un tren que luego es halado junto hacia la empacadora a donde convergen los cables. Los trenes pueden ser halados por una persona, un animal o un pequeño tractor.

4. Utilizar el transporte de las manos o dedos individuales en cajas plásticas, cartón o cajas de madera, reforzadas de dimensiones (53 × 36 × 29 cm), con un peso aproximado (de manos) de 20 kg y con un peso neto para la caja de 16.2 kg, con el objetivo de evitar las afectaciones por daños mecánicos.

# *Conclusiones*



## CONCLUSIONES

Como resultado del trabajo realizado se arriban a las siguientes conclusiones:

1. Los frutos que se mantuvieron en condiciones de refrigeración (IX días) posterior a la cosecha mantuvieron similitud en sus propiedades químicas con los evaluados en los días III y VI. Esto reafirma la validez e importancia de conservar los productos bajo parámetros de refrigeración controlados.
2. Las variables de las propiedades físicas de los frutos no fueron trascendentes para los resultados finales en el estudio, debido a que no mostraron diferencias significativas entre ellas.
3. Los parámetros químicos (pH, sólidos solubles totales y acidez titular total) mostraron cambios significativos durante los días posteriores a la cosecha.
4. En el análisis de los daños mecánicos es imprescindible la determinación de la altura, ya que existieron diferencias significativas entre los frutos evaluados a una altura de 0.90 m y 1.10 m.
5. Los daños mecánicos obtenidos por caída libre de la fruta aumentan dependiendo de las superficies de contacto, donde los valores alcanzados en la superficie de acero muestran diferencias significativas con los obtenidos en las superficies de goma y madera.

# *Recomendaciones*



## **RECOMENDACIONES**

- Impartir cursos de capacitación a los productores estatales y privados en la temática del manejo poscosecha del banano.
- Incrementar la utilización del almacenamiento refrigerado para una mejor calidad y duración poscosecha del fruto.
- Extender el estudio de las propiedades mecánicas a variadas alturas para determinar la frontera mínima permisible para los daños mecánicos por impacto.
- Poner en práctica las estrategias para un óptimo manejo poscosecha de la fruta.
- Extender este estudio a otras variedades de bananos.

# *Bibliografía*



## BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARÉZ, F. J.: *Cultivo de la platanera* Madrid, 1981.
2. ARRIETA ET AL , A. B., U.; BARRERA, J.: *Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano "Papocho" (Musa ABB Simmonds)*, Agronomía Colombiana, 2006.
3. CAMPUZANO ET AL, A. C., F.; RUIZ, O.; E. PERALTA, E.: *Efecto del Tipo de Producción de Banano Cavendish en su Comportamiento Poscosecha [en línea]. Revista Tecnológica ESPOL – RTE vol. 23 no. Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.*
4. CARBALLO Y PRADO, L. Y. M.: *Biestadística*, Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1980.
5. CODEX STAN, N.: *NORMA DEL CODEX PARA EL BANANO (PLÁTANO)*, 205-1997.
6. CHAMPION, J.: *El plátano*, Ed. Blume, Barcelona, Madrid, 1969.
7. DADZIE ET AL, B. K. Y. O., J.E. : *Evaluación rutinaria poscosecha de bananos y plátanos: criterios y métodos.*, Italia, 1997.
8. FAO: *Seguridad Alimentaria 2007. Manual de manejo poscosecha de frutos tropicales* 2008.
9. GARCÍA ET AL, V. M. Q. V., CLAUDETTE; DELGADO CASTILLO, JOSÉ MARTÍN *Manual de Almacenamiento y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas en Materia de Inocuidad*, Ed. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México, 2003.
10. GASTÓN ET AL, E. L. R., LUIS ; ESPINOZA, MAXIMILIANO "Manejo poscosecha del banano.", *Instituto de Investigaciones Agronómicas*: 2006.
11. GAVILÁN, J.: *El mercadeo internacional de bananos. [en línea]. vol. no. Disponible en: <http://bananasite.galeon.com/apuntco.html>.*
12. GUERRERO, M.: *Guía técnica del cultivo del plátano*, Salvador, 2010.
13. HAARER, A. E.: *Producción moderna de bananas*, Ed. Acirbia, Zaragoza, España, 1965.
14. HERNÁNDEZ, M.: *El plátano, su cultivo, valor alimenticio y consumo. Enfermedades y plagas*, Ed. Organismos, Instituto Cubano del Libro ed, Vedado, La Habana, Cuba, 1973.
15. INIVIT: *Instructivo técnico del cultivo del plátano*, 2004.
16. ---: *Instructivo Técnico del cultivo del plátano*, Ministerio de la Agricultura ed, 2007.
17. ---: *Instructivo técnico del cultivo del plátano*, Ed. Dirección de Cultivos Varios, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana, Cuba, Febrero, 1985.
18. KADER, A. A.: *Factores de seguridad y calidad: definición y evaluación para productos hortofrutícolas frescos*, Ed. In Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas, Oakland, California, USA, 2007.
19. KADER, A. A.: *Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha [en línea]. vol. no. Universidad de California, Agricultura y Recursos Naturales. Disponible en: Email: postharvest@ucdavis.edu.*

20. LABOREM ET AL, G. E. R., LUIS; ESPINOZA, MAXIMILIANO: *Manejo poscosecha del banano [en línea]. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.*
21. *Instituto de Investigaciones Agronómicas. vol. no. Maracay, Venezuela.*
22. LÓPEZ, M.: *El plátano*, Villa Clara, Cuba, 1995.
23. LÓPEZ, M. Z.: *Apuntes sobre el cultivo del plátano*, Conferencia en la Universidad Central de las Villas, 1972.
24. MARTÍNEZ, C. M.: *Fundamentos del manejo y tratamiento poscosecha de productos agrícolas*, Ed. Editorial universitaria Félix Varela, Santa Clara, Cuba, 2012.
25. MARTÍNEZ, R. V.: *Algunos apuntes sobre las necesidades de riego en el cultivo del plátano (Musa sp)*. La Habana, Cuba, 1984.
26. MENÉNDEZ Y HERNÁNDEZ, J. Y. J.: *El plátano, cultivo y comercio*, Madrid, España, 1923.
27. MINAGRI: "Informe Central al V Encuentro Técnico Nacional del Plátano": 1982.
28. MONTUSCHI, G.: *Cultivo y manipulación de los plátanos para la exportación*, La Habana, Cuba, 1968.
29. MUÑOZ Y MURRAY, D. A.: *Métodos para el Cuidado de Alimentos Perecederos Durante el Transporte por Camiones*, Septiembre, 1995.
30. NAVA, C.: *El plátano*, Maracaibo, Venezuela, 1997.
31. NC-77-96: *NORMA CUBANA: Plátano de Fruta MICROJET*
32. NC-ISO: 750, N. C.: *Productos de frutas y vegetales. Determinación de la acidez valorable.*, 2001.
33. NC-ISO: 1842, N. C.: *Productos de frutas y vegetales. Determinación del pH.*, 2001.
34. NC-ISO: 2173, N. C.: *Productos de frutas y vegetales. Determinación de sólidos solubles. Código refractométrico.*, 2001.
35. *Norma técnica para el cultivo del plátano*, La Habana, Cuba, 1976.
36. OROZCO, J.: *Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo de banano.*, Guácimo, Costa Rica, 1998.
37. RIOFRÍO, J.: *Manejo Post Cosecha del Banano y Plátano*, Guayaquil, México, 2003.
38. RODRÍGUEZ, G. L.: *Cultivo de la platanera*, Madrid, 1967.
39. ROSALES ET AL, F. E. T., S. C; CERNA, J.: *Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable*, Memorias del taller internacional realizado en la EARTH, Guásimo, Costa Rica, 27-29 de julio de 1999.
40. SIMMONDS, N. W.: *Bananas*, Ed. Londres, 1960.
41. THOMPSON, A. K.: *Tecnología Post - Cosecha de Frutas y Hortalizas*, Febrero de 1998.