

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Efecto del etileno en etapa de maduración del banano
(*Musa sp.*), variedad Cavendish, sobre las características
fisicoquímicas del fruto.**

Trabajo de graduación presentado por Bryan Obed Flores Herrarte
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala
2015

Efecto del etileno en etapa de maduración del banano (*Musa sp.*),
variedad Cavendish, sobre las características fisicoquímicas del
fruto.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Efecto del etileno en etapa de maduración del banano (*Musa sp.*), variedad Cavendish, sobre las características fisicoquímicas del fruto.

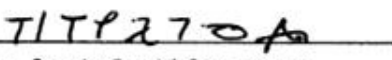
Trabajo de graduación presentado por Bryan Obed Flores Herrarte
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala
2015


Vo.Bo.

F. 
Ing. Julio Schouwe

Tribunal Examinador:

F. 
Ing. Sergio David Comparini

F. 
Ing. Jorge Luis Gómez

F. 
Ing. Donald Delgado

Fecha de Aprobación: Santa Lucía Cotzumalguapa, 06 de Marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por su infinita misericordia, bondad y bendición en mi vida.

Tropilight S.A., por permitirme realizar mi investigación en sus instalaciones

Ing. Julio Schouwe, por su valiosa asesoría, revisión, corrección del presente trabajo de graduación y por compartir de sus preciadas experiencias para con el mismo y hacia con mi persona.

Lic. Cecilia Cordero, por su incondicional apoyo, paciencia y sabios consejos

A todas las personas que me brindaron su valiosa amistad, apoyo y me instaron a seguir adelante, para poder alcanzar esta meta.

-Ing. Rubén del Valle

-Ing. Susana García

-Ing. Gustavo Solano

-Lic. Osbel Nuñez

-Compañeros de clase

DEDICATORIA

A:

Dios, que siempre su mirada estuvo sobre mí, su presencia a través de su espíritu Santo, que me fortaleció en los momentos más difíciles de mi vida y que aún hoy en día a mi lado siempre está.

MIS PADRES, porque con su amor y buenas enseñanzas me han instado a luchar por alcanzar mis sueños, a nunca rendirme y porque siempre están a mi lado en las buenas y en las malas, apoyándome incondicionalmente.

MIS HERMANOS, Por su apoyo, respeto, confianza y porque siempre comparten con migo buenos momentos, los cuales formaron parte de la formación de quien soy ahora.

MIS ABUELITOS, Porque con toda su carisma y sabios consejos han fortalecido mi persona.

FAMILIA CIFUENTES HERRATE, Por su valioso apoyo, siendo un pilar fuerte en el transcurso de mi carrera profesional y en mi vida.

A todas aquellas personas que brindaron de un consejo y recursos para poder lograr una de mis grandes metas.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
IV. PRODUCCIÓN DE BANANO EN FRUTA Y PROCESADO	5
A. GENERALIDADES AGRONÓMICAS DEL BANANO	5
B. PROCESO DE MADURACIÓN DEL BANANO	6
C. LA RESPIRACIÓN EN FRUTAS	8
D. ETILENO EN LAS CÁMARAS DE MADURACIÓN	8
E. BENEFICIOS DEL PRE-ENFRIADO POR AIRE FORZADO	10
F. EFECTO DE TEMPERATURA	12
G. CARACTERÍSTICAS DEL BANANO	13
H. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PURÉ DE BANANO	13
I. UTILIZACIÓN DE YODO AL 0.1 N PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE ALMIDÓN	18
V. METODOLOGÍA	
A. LOCALIZACIÓN	19
B. DISEÑO EXPERIMENTAL	19
C. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	20
D. MANEJO DEL EXPERIMENTO	21
E. METODOLOGÍA PARA LA VARIABLE DE CALIDAD	21
F. METODOLOGÍA PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO	24
G. VARIABLES DE RESPUESTA	25
H. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	25

VI.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
A.	CALIDAD DEL FRUTO	25
B.	RENDIMIENTO	30
C.	ANÁLISIS DE PROMEDIOS DE VARIABLES	32
VII.	CONCLUSIONES	33
VIII.	RECOMENDACIONES	34
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

LISTA DE CUADROS

1. Descripción del Madugás, producto utilizado en la maduración de banano en cámaras de maduración	8
2. Concentraciones internas de etileno de determinadas frutas	12
3. Descripción de los tratamientos a evaluar con dosis de etileno y temperatura	20
4. Resultado de promedios de la variable de grados brix por cada tratamiento	26
5. Resultado de promedios de la variable de pH por cada tratamiento	27
6. Resultado de promedios de la variable de grado de maduración por cada tratamiento	28
7. Resultado de promedios de la variable de índice de almidón por cada tratamiento	29
8. Porcentaje de materia bruta por cada tratamiento	30
9. Porcentaje de materia neta obtenida por cada tratamiento	31
10. Promedio de resultados de variables por cada tratamiento y su representación en gráficas	32

LISTA DE FIGURAS

1. Cambios notables en el color de la cáscara del banano	7
2. Flujo de aire interno de una cámara de maduración con bines plásticos de fruta	9
3. Tabla de maduración de banano	11
4. Plano de cámaras de maduración	11
5. Diagrama de flujo de la elaboración de puré de banano	14
6. Flujo de proceso en la elaboración de puré de banano	17
7. Croquis de distribución de unidades experimentales	20
8. Tabla comparativa del índice de almidón en banano	23

RESUMEN

La investigación se ejecutó en las instalaciones de *Tropilight S.A.*, Escuintla, con la finalidad de evaluar dosis de etileno como estimulantes de maduración, para generar una alternativa de dosis que permite lograr una mejor maduración, mejorando la características organolépticas del fruto, sin afectar el rendimiento de la fruta.

Se utilizó el diseño complementado al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones, incluido el testigo absoluto, dosis de etileno utilizada en un rango constante de temperatura para maduración de fruta en un ambiente controlado. Se evaluaron dos tipos de variables: la primera en relación a la calidad del fruto, en la cual se determinó que estadísticamente el tratamiento con 110 L, de etileno posee mejores resultados en respuesta de grados brix, pH, grado de maduración e índice de almidón. Dentro de los resultados obtenidos se presentó que el testigo presentó mejores resultados al tratamiento de 100 L, la segunda en relación a variables de rendimiento en las cuales se determinó que el tratamiento con la dosis de 100 L, obtuvo mayor porcentaje de materia bruta y materia neta, por la razón del poco estímulo que obtuvo, provocando que no tuviese mayor pérdida de nutrientes en su estructura.

Se recomienda realizar pruebas en la época seca del país, para monitorear las correlaciones existentes en las variables de climas y calidad del banano, dado que los contenidos de la fruta varían según la misma.

I. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de alimentos a nivel mundial y las exigencias del mercado, está creciendo la industria de alimentos en diferentes partes del mundo, tales como: Honduras, Costa Rica, Ecuador, Panamá, también Guatemala, países donde el clima Tropical permite la abundancia de banano, exportado para consumo humano como también para elaboración de otros sub-productos, nace el objetivo de industrializar grandes cantidades de banano no exportable pero con buena calidad. Debido a esto se llegó a un progreso tecnológico industrial, para procesar productos no exportables obteniendo un producto consumible. Construyendo instalaciones en diferentes partes del mundo, expandiéndose en diferentes posiciones a nivel mundial, donde las empresas se encuentran operando actualmente en la elaboración de puré de banano.

El Ecuador es uno de los primeros productores de banano a nivel mundial, la calidad de su fruta es lo que hace que en gran parte del mundo se consuma el banano, es líder por más de cuatro décadas en el ámbito internacional bananero, es fundamental en el comercio mundial, ya que Ecuador es el primer exportador de esta fruta desde 1952. (DISSUPP, 2012)

El banano es uno de los principales cultivos a nivel nacional convirtiéndose en una importante fuente de ingresos a través de la exportación y generación de empleos, después del café y el azúcar, en el 2013 las ventas de banano en Guatemala aumentaron en relación con el volumen exportado, al pasar de 35.1 millones de quintales en el 2012 a 43.8 millones en el 2013, teniendo un incremento de 7.7 millones de quintales de fruta vendida que el año anterior, por lo que se convirtió en el cuarto generador de divisas, según lo reporta el Banco de Guatemala (BANGUAT, 2013); sin embargo, este fruto no es muy industrializado y sus exportaciones en su mayoría son como fruto entero. Existen pocas empresas dedicadas a la industrialización del banano, la mayoría de estas convierten la fruta en puré que es exportado a diferentes países con el fin de usarlo como materia prima para la elaboración de diferentes productos, entre ellos las compotas.

De entre las empresas guatemaltecas dedicadas a la elaboración de puré se encuentra *Tropilight S.A.*, fundada en 2007, ubicada en Escuintla, Guatemala, con una capacidad de producción de aproximadamente 50TM siendo actualmente la mayor procesadora de frutas tropicales de Guatemala.

Tropilight S.A., es una organización que elabora purés y concentrados de frutas tropicales, cumpliendo con el marco legal y normativas de la calidad e inocuidad nacionales e internacionales, comprometidos con la mejora continua, verificación y eficacia de sus procesos, logrando de esta manera un producto aséptico y la satisfacción de sus clientes. (Ayala, Larissa, 2012).

El mercado de exportación que actualmente maneja *Tropilight S.A.*, considerando todos los productos en general exportados, es un 70% a Europa, 13% Sudamérica, 9% Estados Unidos, 5% Asia, 2% Oceanía y 1% África. (Monterroso, Sara 2013)

La investigación consistió en determinar la manera más eficiente de control de la maduración a través de dosis alternativas de etileno con un único rango de temperatura en el interior de cámaras o cuartos de maduración, tomando como referencia variables de calidad: grados brix, pH, grado de maduración e índice de almidón de la fruta, con el propósito de ofrecer una oportunidad de mejoras de aplicación de nuevas dosis de etileno al manejo de la maduración en banano y obtener un producto de calidad. La necesidad primordial a satisfacer es el requerimiento del cliente de la empresa para la elaboración de puré de banano, y así mismo, que cumpla con los estándares de calidad internacional.

Desde el momento en que la fruta ingresó al lugar, se realizó el procedimiento de recepción de materia prima de *Tropilight S.A.*, fue recibida la fruta y evaluada según la calidad de la fruta, colocándola en recipientes plásticos identificados, para luego ser ingresada a cuartos de maduración para la aplicación de etileno como madurante, 120L por cámara a la temperatura de 20 ± 2 °C, después del primer día de aplicación del etileno se debe controlar la temperatura según el rango establecido, logrando consigo un ambiente interno controlado. Las cámaras se abrieron a cada 24 horas para retirar los gases acumulados dentro y liberar calor durante 4 días, en el 5to día se abre nuevamente para su utilización, o en algunos casos según la finalidad u otras actividades de la empresa se extiende a abrir las cámaras hasta el 6to día, en el caso de esta investigación se tomó de referencia hasta el 5to día.

II. JUSTIFICACIÓN

En *Tropilight S.A.*, se presentó el problema de maduración no homogénea en sus cámaras o cuartos de maduración, debido a que en el proceso de maduración que se tiene no presenta a cierto nivel una maduración correctamente distribuida en la fruta, porque se ha reducido la cantidad de fruta dentro de las cámaras de maduración y se continúa aplicando la misma cantidad de dosis de etileno para el proceso de maduración.

El presente trabajo de investigación consistió en determinar una mejor alternativa de dosis de etileno para el proceso de maduración con respecto al factor espacio y tecnología con la que se cuenta en *Tropilight S.A.*, realizando un análisis de maduración de la fruta, en este caso banano, que permita una mejor distribución en la maduración del banano, no afectando el proceso final en producción, ya que es durante este proceso final que la fruta es utilizada.

Esto con la finalidad de lograr una mayor y mejor maduración en la fruta, en este caso banano y así poderla utilizar sin inconveniente, no perdiendo tiempo seleccionando la fruta óptima; dejando la fruta que no maduró correctamente de una misma cámaras, como también evitar tener problemas fisicoquímicos en el puré de banano, tales como: consistencia, pH y °Brix, que son los parámetros más importantes de todos los que se controlan en el producto, beneficiando por medio de un producto de la calidad esperada a *Tropilight S.A.*, por medio de la reducción de costos en el rechazo de fruta destinada para el proceso de producción y producto no conforme por parámetros fuera de especificación.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO PRINCIPAL

1. Evaluar el efecto del etileno en diferente dosis, en un rango único de temperatura en etapa de maduración del banano (*Musa sp.*), variedad Cavendish, sobre las características fisicoquímicas del fruto.

B. OBJETIVOS SECUNDARIOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la calidad en grados brix y pH del banano (variedad Cavendish) por efecto de la aplicación de etileno y control de temperatura en un ambiente cerrado.
2. Determinar la distribución del grado de maduración e índice de almidón del banano almacenado en los cuartos de maduración, que permita establecer el comportamiento de la maduración.
3. Obtener y analizar el rendimiento en kilogramos de materia obtenida de fruta por la pérdida de líquidos en el proceso de maduración sobre la cantidad de fruta ingresada.

IV. PRODUCCIÓN DE BANANO EN FRUTA Y PROCESADO

Guatemala es un país altamente productor de diferentes cultivos, muchos de ellos exportados en unidades, otros de ellos procesados en industrias alimenticias. El país posee grandes extensiones de tierra cultivada con caña de azúcar, sin embargo posee diversas plantaciones de otros cultivos como la palma africana y el banano. (Díaz, Álvaro, UVG Sur, 2013)

La actividad bananera constituye una fuente de empleo para personas de la región, dependiendo directa o indirectamente de este sector, y ha ido desarrollando una industria con orientación a la calidad del producto.

El banano es uno de los principales cultivos a nivel nacional, tanto para consumo local como para exportación, existe un consumo en el país de fruta fresca y también es adquirido por la industria de alimentos para diferentes presentaciones de consumo humano. Existen pocas empresas en Guatemala dedicadas a la industrialización del banano. La mayoría de éstas convierten la fruta en puré, el cual es exportado a diferentes países con el fin de utilizarlo como materia prima para la elaboración de diferentes productos, entre ellos compotas, jugos, mermeladas, etc.

Actualmente la producción de banano se ha ido destinando principalmente a la comercialización extranjera e interna del país y la mayor parte del “rechazo” (producto descartado o no aceptado por los clientes por algunos motivos, puede citar brevemente cuáles) en la elaboración de puré o concentrado de exportación en determinadas empresas. Se sabe que la mayor producción de banano se ubica en la zona litoral baja, en la zona de Tiquisate, zona fronteriza de Guatemala con México.

A. GENERALIDADES AGRONÓMICAS DEL BANANO

El banano se cultiva en regiones tropicales que son húmedas y cálidas, pueden desarrollarse de 0 a 1000 msnm, precipitaciones anuales de 1400-3500 mm por lo que es altamente exigente en agua, temperaturas medias anuales de 25-29°C, y pendientes menores a 80%, se requiere buen drenaje, en algunas plantaciones de Guatemala utilizan canales para agua de riego. (AGREQUIMA, 2012)

El banano como fruta tiene un alto contenido de Vitaminas (A, B6, y C) y minerales (Ca, P), es conocido por su alto contenido de potasio (K), por lo que esta fruta es muy apetecible y deseable en cualquier parte del mundo. (Cordero, Cecilia, 2013)

B. PROCESO DE MADURACIÓN DEL BANANO

La maduración es el conjunto de procesos de desarrollo y cambios observados que ocurren en la fruta, se caracteriza por una serie de cambios en la fruta, tanto físicos como químicos y organolépticos (Valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra basada exclusivamente en la valoración de los sentidos vista, gusto, olfato, etc.) que permiten que el fruto logre obtener parámetros deseados para el consumidor, característico de cada especie que se maneje.

El banano, al igual que otras frutas tropicales, posee la característica de que su proceso de maduración va acompañado de un aumento en el ritmo de respiración y por ende aumento en la temperatura de la pulpa. El proceso de respiración de la fruta se caracteriza por:

- Desprendimiento de dióxido de carbono (CO₂)
- Absorción de oxígeno (O₂)
- Desprendimiento de calor

Existen otros factores que inciden en forma directa en la maduración de la fruta como:

- Presencia de etileno (C₂H₄) como agente activador de maduración
- Composición de la atmósfera (O₂ + CO₂) = Oxígeno + Dióxido de Carbono
- Temperatura

Además existen otros factores de mucha importancia que se deben tomar en cuenta para obtener una buena maduración controlada.

- Estado de maduración de la fruta en el momento de recepción en planta
- Tiempo de descarga
- Origen de la fruta (región de donde proviene)
- Clima
- Riego (agua)
- Suelo
- Fertilización
- Variedad de la fruta

En el banano la maduración está influenciada por el aumento de las tasas de producción de etileno y CO₂, como también por la conversión de cantidades relativamente grandes de carbono en forma de almidón en sustancias que alteran la percepción de la fruta.

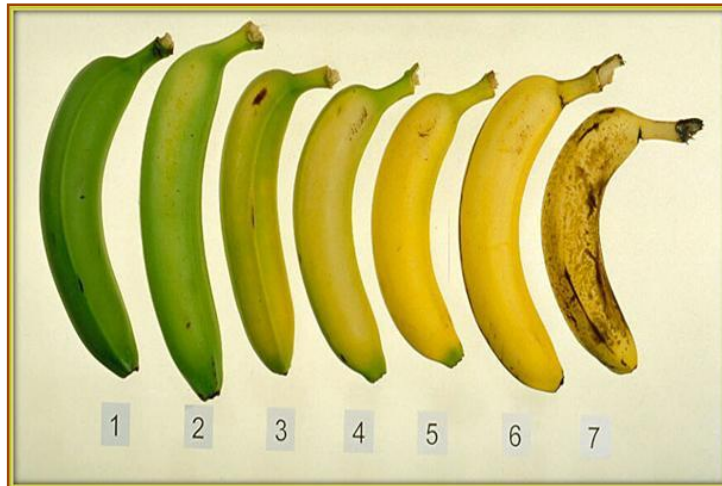
La madurez FISIOLÓGICA hace referencia a la etapa de desarrollo de banano en la que se ha producido el máximo crecimiento y maduración.

La madurez ORGANOLÉPTICA, sin embargo, es aquella en la que la fruta alcanza su máximo sabor y aroma, de tal forma que sea apta para el consumo humano.

1. Cambios que pueden ocurrir durante la maduración: La maduración de la fruta es el resultado de un complejo de cambios, muchos de los cuales probablemente ocurren independientemente unos de otros. La siguiente lista presenta algunos de los principales cambios que ocurren en la mayoría de los bananos durante la maduración:

- Cambios en el color de la cáscara y de la pulpa
- Transformación del almidón en azúcar
- Cambios en la proporción pulpa/cáscara (y facilidad para pelar)
- Cambios en la firmeza de la pulpa o el ablandamiento de la pulpa
- Cambios en el contenido de sólidos solubles totales
- Cambios en el pH y acidez titular total de la pulpa
- Cambios en la tasa de respiración y producción de etileno.

Figura 1. Cambios notables en el color de la cáscara del banano



Fuente: Procedimiento de Maduración de Banano PPD-13, Versión: 02, *Tropilight S.A.* 2013.

El proceso de maduración del banano, significa cambiar las características físicas y organolépticas de la fruta. Un banano verde es de sabor astringente por el alto contenido de almidones; mientras que el banano maduro es de color amarillo y su sabor es dulce, ya que el contenido de almidones ha sido transformado en azúcares.

C. LA RESPIRACIÓN EN FRUTAS

Esta consiste en un proceso metabólico fundamental, pudiéndose describir como la degradación oxidativas de productos complejos de las células, tales como almidón, azúcares, como también ácidos orgánicos a moléculas más simples. La reacción de la respiración celular está dada por la siguiente ecuación.



La respiración en el banano es más acentuada que en otras frutas climatéricas como la manzana o la pera, esto debido a que la velocidad en la cual transcurre la respiración de un producto. Constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos, dando así una vida útil de su vida comercial. (Gomez, Jorge, UVG Sur, 2010)

D. ETILENO EN CÁMARAS DE MADURACIÓN

El Etileno es un gas que se obtiene de la deshidratación de alcohol etílico, proceso que compete en la formación de éter etílico y de sulfato de dietilo. Desde el punto de vista de la maduración de frutas. Posee, de acuerdo a cada casa comercial, según el país, un nombre comercial, el utilizado en este proceso lleva por nombre Madugás. Sus características técnicas son:

Cuadro 1: Descripción del Madugás, producto utilizado en la maduración de banano en cámaras de maduración

IDENTIFICACIÓN DEL MADUGÁS – ETILENO	
Nombre del Producto:	Madugás
Nombre Químico común:	Alqueno hormonal vegetal
Nombre Químico IUPAC:	Eteno
Familia Química:	Familia de los hidrocarburos alifáticos insaturados de tipo alqueno.
Fórmula condensada:	C ₂ H ₄
Sinónimos:	Gas olefiante, Aceteno

Fuente: Madugás, Hoja de Datos de Seguridad de los Materiales, MSDS, Productos del Aire de Guatemala, S.A. – Fabrigas S.A., Guatemala 12 de Octubre del 2009.

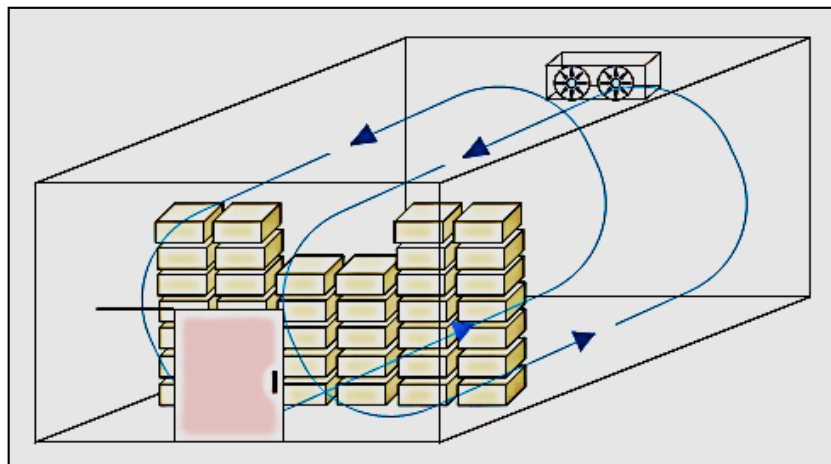
El uso de etileno hace que se presenten cambios en el fruto y se manifiesta en una transformación gradual, siendo ventajas o en determinados casos desventajas. En el caso del banano podemos observar:

- Cambio de color de la piel a partir del segundo día de aplicación de etileno, esto debido al desprendimiento de clorofila y luego la aparición de pigmento. Esta evolución se da hasta llegar a una alta pigmentación. A medida que la maduración progresa el color de la cáscara va cambiando de verde a amarillo y, luego aparecen unas manchas de color café.
- Aumento de la actividad respiratoria (O₂)
- Ablandamiento de la piel y pulpa
- Cambio de sabor
- Dulzor que se produce por la transformación de almidones en azúcares
- Cambios en otros componentes que resultan en la formación de los aromas, colores y sabores característico de la fruta que se está madurando

Para realizar aplicaciones artificiales con etileno se requiere contar con un cuarto o cámara de maduración que pueda mantenerse lo más herméticamente cerrada posible, que permita realizar un control de la temperatura y humedad internamente.

Las cámaras de maduración utilizadas en el proceso de investigación, son de planchas térmicas especializadas de metal con material interno especializado para conservar la temperatura interna, con dos extractores de aire que regulan el ambiente interno de la misma.

Figura 2. Flujo de aire en una cámara de maduración con bines plásticos de fruta en el interior de la misma



Las frutas después de la cosecha continúan respirando y por consiguiente madurando lo que hace necesario un método de conservación que permita distribuir la fruta a su destino final sin que esta pierda su frescura y calidad. Para lo anterior se emplean diferentes técnicas de pre-enfriado.

En particular la técnica de pre-enfriado por aire forzado consiste en extraer el calor de la fruta, de una forma rápida y uniforme, haciendo circular aire frío a alta presión a través de los pallets con producto. La fruta cede calor al hacer contacto con el flujo de aire frío, este se encuentra a una temperatura suficientemente baja para disminuir la temperatura de la fruta sin deteriorarla. Debido a que el tiempo de enfriamiento es muy corto, no se afecta la humedad relativa de la fruta.

E. BENEFICIOS DEL PRE-ENFRIADO POR AIRE FORZADO

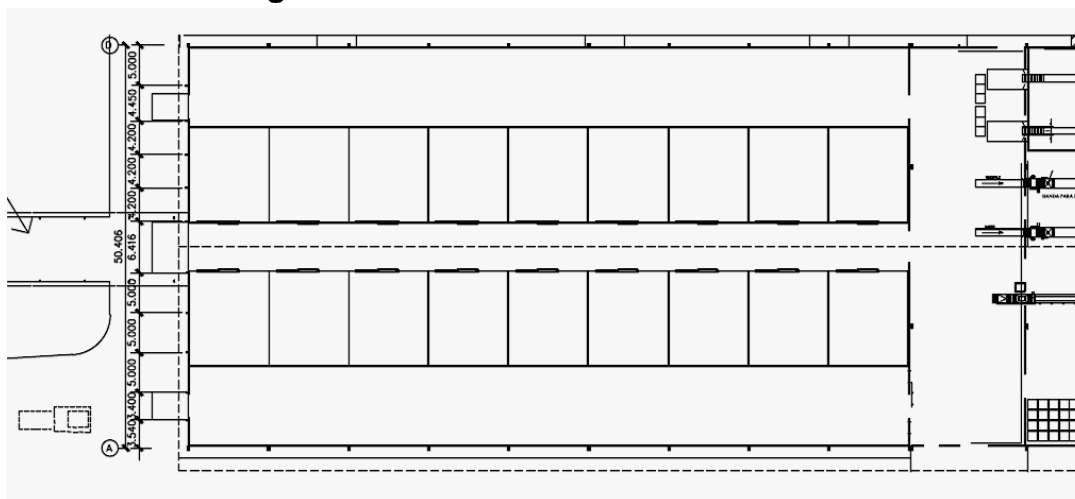
- Retarda el deterioro natural de la fruta que comienza después de la cosecha
- Reduce la reproducción de organismos
- Garantiza la temperatura y humedad relativa requerida, reduciendo el envejecimiento de la fruta por falta de humedad
- Enfría la fruta en un corto período de tiempo, lo que permite embarcarla en menor tiempo
- Proceso clave si se desea hacer llegar la fruta a clientes distantes o para mercados de exportación
- Permite la maduración de la fruta a un nivel óptimo que garantice que llegará al consumidor en su máxima calidad

Figura 3. Tabla de maduración de banano

1		COMPLETAMENTE VERDE Color normal al arribo Temperatura 14°C - 16°C
2		VERDE CLARO Primer cambio de color. Indica que el proceso de maduración ya se inició.
3		VERDE CLARO CON AMARILLO Cambio pronunciado de color. Listo para enviar al detallista en estaciones de clima templado. La maduración se encuentra en pleno proceso. Temperatura máxima 14°C.
4		AMARILLO CON VERDE Color recomendado para despacho el Detallista. Temperatura 14°C.
5		AMARILLO CON PUNTAS VERDES Color ideal para colocar en los exhibidores de los detallistas. En este grado la fruta debe mantenerse a 12°C. A mayor temperatura la fruta madura más rápidamente.
6		TOTALMENTE AMARILLO Apto para venta y consumo. La fruta tiene firmeza con buen sabor. Manéjese con cuidado. Exhibanse en mesas con una base suave.
7		AMARILLO CON PUNTAS CAFÉ Completamente Maduro con mejor sabor y mayor valor nutritivo.

FUENTE: Proceso de maduración, Finca Nuevo Mundo, 2007.

Figura 4. Plano de cámaras de maduración



FUENTE: Planos de Cámaras de Maduración, compañía *Tropilight S.A.* ubicada en la ciudad de Escuintla, Guatemala.

Tabla 2. Concentraciones internas de etileno en determinadas frutas

Frutas	Etileno
Climatéricas	μL/L
Mango	0,04 - 3,0
Banano	0,05 - 2,1
Tomate	3,6 - 29,8
Aguacate	28,9 - 74,2
Manzana	25 - 2.500
No climatéricas	μL/L
Piña	0,16 - 0,40
Naranja	0,13 - 0,32
Limón	0,11 - 0,17

FUENTE: "The role of ethylene in fruit ripening". De Burg, S.P., Burg, 1962.

El etileno es considerado como una fitohormona inmersa en el desarrollo de una planta como también el crecimiento de los vegetales, en conjunto con otras fitohormonas. Este compuesto recorre a través de la membrana celular hasta llegar al citoplasma, en lugar reacciona con un complejo receptor. A partir de esta reacción el compuesto puede ingresar en el núcleo y afectar la síntesis de ARNm.

Las fitohormonas son una sustancia química que producen las plantas en pequeñas cantidades en tejidos vegetales para poder regular su desarrollo y se manifiestan solamente como signos o señales, las cuales intervienen en varios procesos tales como: crecimiento de las plantas y las raíces, controla la caída de hojas, la formación del fruto y la germinación. (Riveros, Santiago, 2012)

F. EFECTOS DE TEMPERATURA

De manera general el manejo de las temperaturas influencia sobre el proceso de maduración del banano, no obstante dentro de las cámaras de maduración. En tal caso descienda la temperatura afecta en cuanto a la producción de etileno, frenando la producción y a la vez la velocidad de respuesta de los tejidos a dicho gas. Una maduración organoléptica solo se es posible en un determinado intervalo de temperatura de entre los 10° y 30° C. si hay un aumento sobre el rango de temperatura descrito provoca que la pulpa se suavice, aumenta la sensibilidad de la cáscara hacia un daño mecánico, se retrasa en el desarrollo de color y la calidad del sabor no se desarrolla según lo esperado.

1. PÉRDIDA DE AGUA DURANTE EL PROCESO DE MADURACIÓN:

Durante el proceso de maduración ocurre una pérdida de agua a lo cual se llama deshidratación, esto representa una pérdida en cuanto al peso de la fruta. En el caso de banano este madura mejor bajo una humedad relativa de al menos un 90%, debido a que se tiene una calidad interna mejor.

G. CARACTERÍSTICAS DEL BANANO

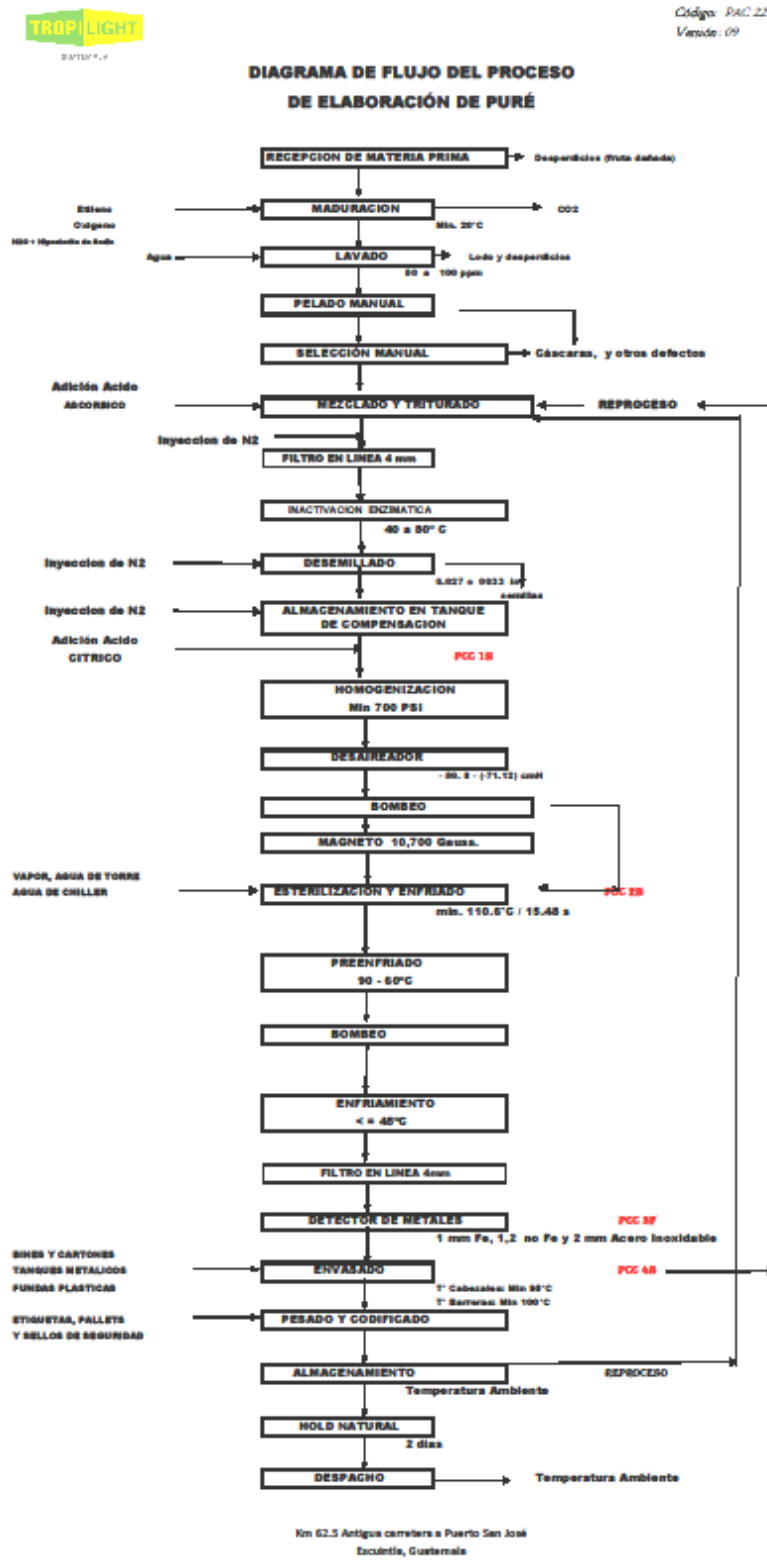
La madurez, grados brix, peso, diámetro, longitud y el color son factores muy importantes que ayudan a determinar si la materia prima a usarse está dentro de los parámetros de calidad y esto permitirá la obtención de un producto en buen estado con mayor durabilidad y con excelentes propiedades nutricionales para el uso en la elaboración de puré, por ende razón se deben de manejar correctamente cada uno de los factores descritos.

H. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PURÉ DE BANANO

El banano como materia prima se es obtenido de diferentes fincas del país guatemalteco, proporcionado en camiones hasta el área de Recepción de fruta en la planta, el banano es seleccionado en base a calidad establecida, separando la fruta en bins plásticos para mejor control, luego son ingresados a las cámaras de maduración, llenándose de acorde se vaya ingresando la fruta planta. Dentro de las cámaras se maneja un ambiente controlado, en el cual se manejan Temperaturas que oscila entre los 19 – 21 °C, e inyectándose 120L de Etileno durante 4 minutos luego, el proceso de maduración se tiene durante 4 a 5 días, abriéndose las cámaras a cada 24 horas para liberar el CO₂ producido internamente por la fruta.

Una vez que la fruta se encuentra madura se selecciona aquellos bananos que no se hayan moteado o estropeado. La fruta seleccionada se procede a pelarla, tomando las máximas precauciones sanitarias para obtener un producto asépticamente tratado y que cumpla con los mayores estándares de calidad. La pulpa es llevada a las máquinas donde, después de chocar, centrifugar, quitar el oxígeno, se homogeneiza y entonces se esteriliza o pasteuriza en temperaturas que van de 124°C a 128°C. Luego el puré se condensa asépticamente y se guarda a temperatura ambiente. Una vez que se ha obtenido el puré de banano se procede a colocarlos en los respectivos embalajes.

Figura 5. Diagrama de flujo de la elaboración de puré de banano



FUENTE: Compañía *Tropilight* S.A. ubicada en la ciudad de Escuintla, Guatemala.

1. DESCRIPCIÓN DE PASOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO

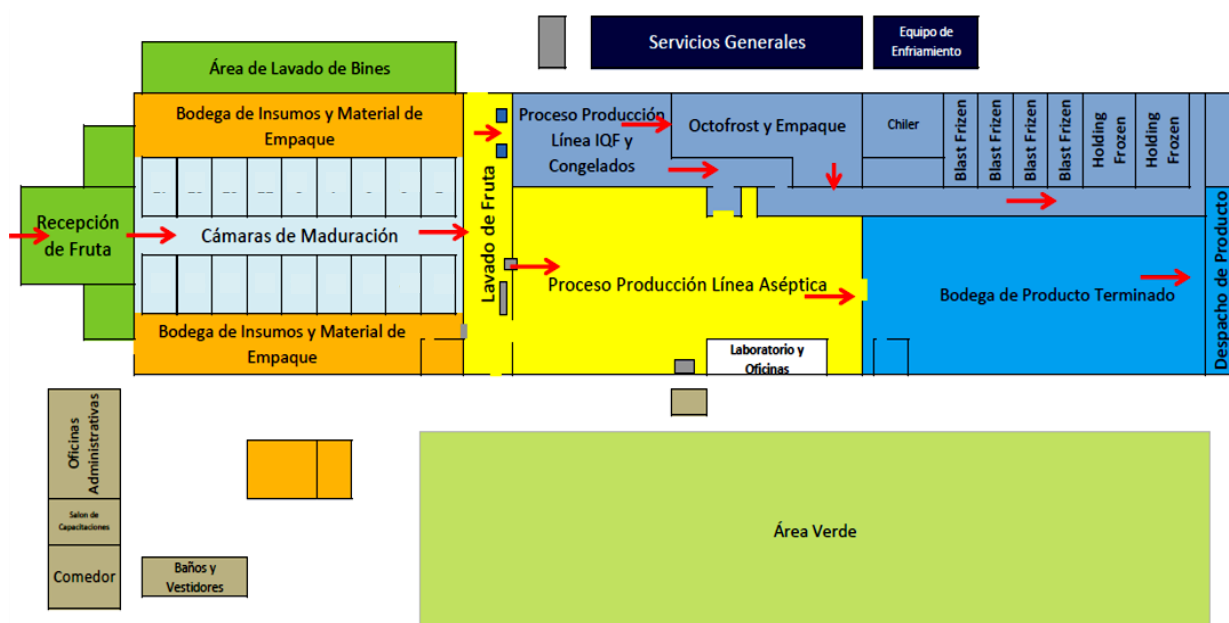
- **Recepción del banano:** En este proceso se recibe la materia prima, (en este caso es banano) en estado inmaduro o “verde”. El mismo es transportado a la planta según los pedidos hechos por la empresa al proveedor.
- **Selección:** Es un proceso manual, en el cual los operarios harán una inspección visual del estado físico del banano. Aquellos que se observen en mal estado, por ejemplo: en estado de putrefacción, son descartados y separados del lote, el cual será parte de la merma, siendo desechados.
- **Maduración:** Luego del lavado el banano pasa a unas cámaras de maduración donde es expuesto por 4 minutos a gas etileno el cual ayudará al fruto a madurar. Luego pasarán de 4 a 5 días en ventilación y 30 minutos en extracción de CO₂. Pasado el tiempo desde su ingreso a la cámara de maduración el banano estará en condiciones para su procesamiento.
- **Lavado de fruta:** Este se hace con una disolución de 100 ppm de hipoclorito de sodio, para desinfectar el fruto y esté listo para la siguiente fase.
- **Pelado y despencado:** Este es un proceso manual, en el cual los operarios cumpliendo todas las reglas de inocuidad, depositarán el banano sobre una banda transportadora de fruta. El pelado se llevará a cabo de forma manual con el fin de eliminar la cáscara y el pedúnculo de la fruta. Sólo quedará el banano sin cáscara colocado en otra banda para la siguiente fase, quedando como desechos la cáscara y la penca en otra banda que transporta esta materia a un tornillo transportador que lo dirige a una tolva de desechos orgánicos.
- **Mezclado y triturado:** Consiste en moler la fruta una vez que la fruta está pelada y seleccionada ésta cae a una tolva que contiene en su parte inferior interna un tornillo helicoidal, unas paletas que trituran el banano y es aquí donde se le adiciona el ácido ascórbico, ácido cítrico y nitrógeno dependiendo el producto de tal manera que se vaya creando una masa que pueda hacer pasar por un inactivador enzimático, es un intercambiador de calor de doble camisa a una temperatura de 40 a 90 ° C. Este tratamiento es dado básicamente para la inactivación de enzimas causantes del pardeamiento en el puré de banano mediante tratamiento térmico.

- **Refinado desemillado:** Operación que consiste en obtener la pulpa del banano libre de semillas. Una vez inactivadas las enzimas, el puré de banano pasa por un refinador, cuya función es de separar es la semilla del puré y resto de impurezas. El finisher es un cono que envía hacia las paredes por medio de un cepillo de cerdas, el puré pasa a través de una malla 0.027 o 0.033 de pulgada de diámetro quedándose las semillas y restos de impurezas del lado interno del cono, para luego expulsarlas como descarte. Dependiendo del pedido del cliente el producto puede ser con semillas, para esto sólo se trabajará con los filtros que ayudarán a retener las impurezas y algo de semillas.
- **Homogeneización:** El puré de banano es homogenizado en una máquina que trabaja a una presión que varía de 700 a 3000 PSI, dependiendo de la maduración del banano, este equipo está provisto de pistones que facilitan la reducción de las partículas más grandes volviéndolo un producto uniforme que le da brillo y cremosidad al puré dependiendo también de las especificaciones del cliente. El homogenizado se llevará a cabo para poder integrar perfectamente el puré: se realiza elevando la temperatura a 45°C para facilitar el movimiento del flujo (bajando la densidad), dicha temperatura no afectará las otras propiedades del puré.
- **Desaireado:** El puré es enviado a un deaireador con la finalidad de eliminar las burbujas de oxígeno y nitrógeno presentes en el puré, por lo que es necesario mantener un vacío adecuado, esto evitará posteriores cambios de color por oxidación. Este equipo trabaja a con un vacío de -20 a -28 Hg, el deaireador es un tanque hermético con un sistema que esparce el puré en las paredes del mismo para facilitar la extracción del oxígeno presente en el puré y así evitar la oxidación del mismo, de esta forma se evitan riesgos en cuanto a la estabilidad final del producto.
- **Esterilizado:** Este proceso se realiza a cierta temperatura, flujo y tiempo para evitar el crecimiento de microorganismos en el producto y la pérdida de nutrientes en el mismo. Es la etapa por la cual el puré pasa por un sistema de intercambiadores de calor de superficie raspada para eliminar todos aquellos microorganismos que estuvieren presentes en el producto, Los intercambiadores cumplen la función de elevar la temperatura del puré. Estos son de superficies raspadas que están compuestos de un motor, un cilindro y unas paletas que al moverse impulsa el puré hacia arriba y de forma contraria entra el vapor por medio de un sistema de tubería de "camisa" o doble paso, el puré absorbe la temperatura y así lograr un buen intercambio de calor. Los valores antes mencionados pueden tener cierta variabilidad dependiendo del flujo del proceso y el tipo de producto.

- Enfriamiento: Luego de haber esterilizado el puré, se pasa a una fase de pre-enfriamiento y en intercambiadores, permitiendo un choque térmico, esto es con agua proveniente de una torre o estructura que enfría el agua para esta etapa del proceso, luego el producto pasa a un proceso de enfriamiento en un sistema de tuberías hasta que el producto logre alcanzar una temperatura no mayor a los 42°C, punto en el cual ya se puede envasar.
- Envasado aséptico: Se da en fuentes asépticas o estructuras de llenado aséptico. Normalmente este producto se envasa en fundas asépticas dentro de recipientes como toneles y cajas de diferentes presentaciones o directamente en toneles logrando la inocuidad del producto; libre de contaminación biológica, química y física.
- Al final se obtiene un producto terminado; puré de banano con las características fisicoquímicas estándares que tiene la empresa: 21-24 °Brix, 4.0-5.0 pH y 3.0-7.0 cm/30seg/20°C.

Figura 6. Flujo de proceso en la elaboración de puré de bananos

→ Indicación del Movimiento que conlleva el Proceso desde la Recepción de la Fruta hasta el Despacho del Producto



FUENTE: Compañía *Tropilight* S.A. ubicada en la ciudad de Escuintla, Guatemala.

I. UTILIZACIÓN DE YODO AL 0.1 N PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE ALMIDÓN

Durante el desarrollo de la pulpa de un fruto, los nutrientes se depositan en forma de almidón el que, durante el proceso de maduración se transforma en azúcares. El avance del proceso de maduración lleva a la disminución de los niveles de almidón. Este análisis consiste en determinar la cantidad de almidón en la pulpa de un fruto por medio de una solución de yodo al 0.1N. El yodo toma un color negro-café al entrar en contacto con el almidón.

Conforme madura una fruta, una cantidad creciente de almidón se convierte en azúcar y la zona azul-café es menos notoria. La maduración generalmente sucede desde el corazón de la fruta hacia su piel. Si se le trata con yodo, un fruto en proceso de maduración mostrará, en general, una decoloración de yodo al transcurrir los días predestinados antes de su utilización.

El procedimiento a seguir para medir el índice de maduración en la fruta es el siguiente: de determinada cantidad de bananos, se corta una rodaja de 1 cm en el centro de cada banano, se colocan las rodajas sobre la solución de Yodo al 0.1N previamente preparada y colocada en una caja de Petri, dejándola reposar durante 15 segundos, cubriendo solamente la cara inferior, para luego retirar y observar el cambio de color, las rodajas son comparadas con una tabla establecida por cada empresa (ver Figura 8), en la cual se indica el índice de almidón por medio de cada diferente rango de tinción de las rodajas de banano, este procedimiento puede variar según cada fruta, químico y proceso de medición.

V. METODOLOGÍA

A. LOCALIZACIÓN

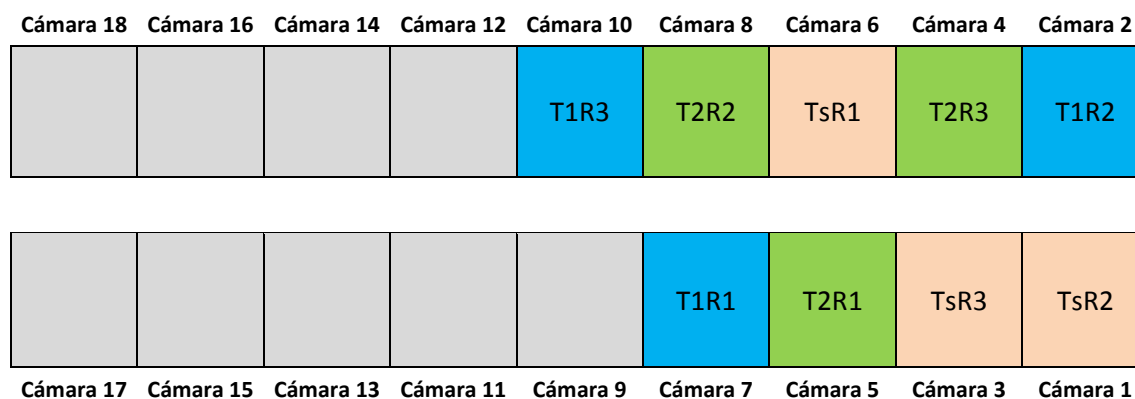
El experimento se llevó a cabo en las cámaras de maduración de la empresa *Tropilight S.A.*, Carretera a Puerto San José, Escuintla, Guatemala.

La fruta es proveniente de diferentes fincas de la zona de Tiquisate, esta es comprada por contrato a largo plazo con cada proveedor como fruta de rechazo. El proveedor se encarga de transportar la fruta desde la finca hasta la fábrica *Tropilight S.A.*, en Escuintla, en camiones con capacidad de 16TM y 36TM, con Sarán negro como cobertor, para evitar que la fruta tienda a dañarse, recorriendo aproximadamente 1390 Km desde el campo hasta la fábrica. (Willmans Rodriguez, 2014)

B. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño completamente al azar en las cámaras de maduración proporcionadas por la empresa, en donde se evaluó dosis de etileno en un rango único de temperatura en la maduración del banano. Se establecerán 9 unidades experimentales a través de números aleatorios. Las unidades experimentales fueron seleccionadas, debido a la disponibilidad que se tenía de las mismas, en el momento de inicio del experimento para la selección de las cámaras a utilizar, *Tropilight S.A.*, se encontraba en proceso de producción, teniendo y en uso algunas cámaras, por lo cual, se asignaron las cámaras descritas en la Figura 7.

Fueron seleccionadas tres repeticiones por cada tratamiento, en este caso, tres cámaras de maduración para cada tratamiento, la cantidad de repeticiones fueron seleccionadas por la gran cantidad de fruta que se almacena en cada una de las cámaras, con una capacidad aproximada de 32000 Kg en peso bruto de fruta, para el proceso de maduración, recolectando una cantidad representativa de bananos por cada cámara de maduración, la cantidad se describe en cada una de las variables.

Figura 7. Croquis de distribución de unidades experimentales.

T = Tratamiento > 3 (Dosis de etileno)

R = Repetición > 3

9 Unidades experimentales

Ts = Testigo

C. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

En el Cuadro 3 se describen los tratamientos a utilizarse en el ensayo. En el experimento se estableció un testigo absoluto, 2 tratamientos con dosis de etileno diferentes al testigo y 3 repeticiones por cada tratamiento.

Se establece un rango único de temperatura de 20 ± 2 °C dicho rango se maneja durante todo el proceso de maduración a través de un sistema automático de temperatura instalado en las cámaras con el seteo en 20°C.

Cuadro 3: Descripción de los tratamientos a evaluar con dosis de etileno

No. De Tratamiento	Descripción del Tratamiento	Dosis de Etileno	Repeticiones
1	Testigo relativo	120 Litros	3
2	Etileno Dosis 1	110 Litros	3
3	Etileno Dosis 2	100 Litros	3

D. MANEJO DEL EXPERIMENTO

La fruta proveniente de fincas bananeras, es recibida en camiones de fruta, estos a su vez son descargados en bins plásticos para ser colocados dentro de cada cámara de maduración, cerrado herméticamente. Es inyectado el etileno en una vía dirigida por medio de tuberías, detrás de un cuerpo de ventiladores para ser dispersado en toda el área. Cada cámara de maduración están construidas de un material que permite un ambiente controlado, con una capacidad para 320 bins plásticos de fruta, de la cual se redujo para utilizar 270 bins, reduciendo un 16%.

Al inicio se seleccionó las cámaras de maduración para el experimento, aleatoriamente se dividieron los tratamientos en conjunto con sus repeticiones y se prepararon los equipos y material a utilizar para el análisis de fruto.

Al ingreso de la fruta a las cámaras se inyectó la cantidad de etileno a cada cámara según el tratamiento descrito en el Cuadro 3, la temperatura fue monitoreada durante los 5 días destinados para la medición. Las variables de calidad fueron evaluadas al final del periodo de maduración, previo a ser utilizada la fruta en el proceso de producción y las variables de rendimiento al ingreso y final del periodo de maduración, previo a ser utilizada en el proceso de producción.

E. METODOLOGÍA PARA EL MANEJO DE LA VARIABLE DE CALIDAD

1. **PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE YODO:** Se utiliza una ampolla de yodo concentrado, siguiendo un procedimiento de apertura (indicado en el empaque), se aforó a 1000 ml con agua desmineralizada para obtener una concentración de 0.1 N de la solución. Se colocó en un agitador durante 2 horas para lograr una mayor homogenización, para luego ser depositado en frascos ámbar previo a su utilización. La solución resultante mancha, por lo que se debe mantener alejados de la piel y algunos tejidos textiles.

2. TOMA DE MUESTRAS: De manera aleatoria, se recolectó una muestra de 8 bananos en 12 lugares escogidos aleatoriamente por cada cámara de maduración, haciendo un total de 96 bananos analizados por cámara, para medición de 4 variables de respuesta de calidad de fruto; grados brix, pH, grado de maduración e índice de almidón, de cada tamaño de distintos lugares aleatorios dentro de cada cámara de maduración seleccionada para su inspección, Las frutas seleccionadas fueron libres de defectos, como daños por el sol, plagas o enfermedades, que podrían haber afectado el proceso normal de maduración.

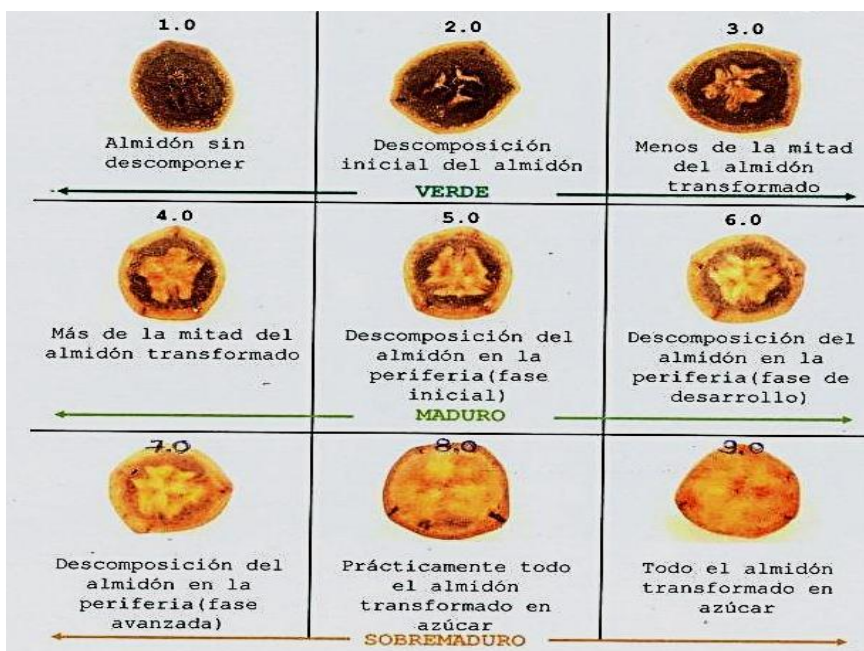
La cantidad seleccionada fue establecida considerando el muestreo que se utiliza en la fábrica mas la disponibilidad de reactivos, equipos que se tienen en las instalaciones y cantidad de fruta que se perdería para lo mismo., para la ejecución de las diferentes mediciones.

3. PREPARACIÓN Y MEDICIÓN DE LA MUESTRA

a. **Medición de índice de Almidón:** Utilizando un cuchillo afilado, se corta cada fruta un centímetro en el centro. Es muy importante que las superficies tengan un corte limpio, sin que se ocasione daño adicional a la pulpa o la piel de la fruta. Este tipo de daño adicional puede causar la liberación de almidones suplementarios a partir de las células dañadas, lo que llevaría a la obtención de resultados imprecisos. Las rodajas son colocadas en una solución de yodo al 0.1 N, las cuales se cubren de manera uniforme con la solución en cajas de petri, durante 15 segundos, esta solución puede aplicarse utilizando un gotero y una pipeta.

La cantidad de coloración negro-café que se presente en una muestra de prueba se puede relacionar directamente con la madurez de la fruta, el índice de almidón se mide comparando las rodajas teñidas con una tabla de comparación para determinar en qué índice de almidón se encuentra cada banano, ver Figura 7. Se debe tener precaución al interpretar los resultados de esta prueba, pues los bananos dentro de las cámaras de maduración, maduran de formas distintas, lo que genera diferentes patrones de almidón.

Figura 8. Tabla comparativa del índice de almidón en banano



FUENTE: Compañía *Tropilight* S.A., ubicada en la ciudad de Escuintla, Guatemala

b. **Medición de °brix:** Los 96 bananos seleccionados por cada cámara y agrupados según se indica el punto V.5.2, se pelaron y se licuaron de tal forma, que el contenido de la fruta sea homogéneo para la medición. Parte de la mezcla se colocó en un refractómetro para determinar los °brix referencial de la cámara. La medición de °brix, se realizó una sola vez al final del proceso de maduración el día 5, en cada cámara según tratamiento, previo a ser utilizada en la producción.

c. **Medición de pH:** Parte de la mezcla obtenida en el punto anterior (ii), se colocó en un medidor de pH, para determinar el dato referencial de la fruta, de la cámara en medición. La medición de pH, se realizó una sola vez al final del proceso de maduración el día 5, en cada cámara según tratamiento, previo a ser utilizada en la producción.

F. METODOLOGÍA PARA EL MANEJO DE LA VARIABLE DE RENDIMIENTO

1. **TOMA DE MUESTRAS:** Se seleccionaron 6 bines de fruta aleatoriamente por cada cámara de maduración al ingreso de la fruta a las cámaras, colocándoles una señal para identificarlos, esos mismos 6 bines serán utilizados al final del proceso de maduración pasado los 5 días establecidos, previo a su uso.

Para la variable de peso neto se tomaron 40 bananos por cada cámara de maduración para ser pesados una sola vez al final del proceso de maduración, previo al uso de cada cámara.

2. PREPARACIÓN Y MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS

a. **Medición de Porcentaje de materia bruta obtenida (%):** Para la variable de materia bruta, los 6 bines se pesaron al ingreso de la fruta a las cámaras y al final del proceso de maduración pasado los 5 días establecidos, previo a su uso, se anotaron todos los datos y se procedió a realizar los cálculos para la obtención en porcentaje (%).

b. **Medición de Porcentaje de materia neta obtenida (%):** Para la variable de materia neta, los 40 bananos por cada cámara de maduración, se les retiró la cascara para ser pesados, el dato obtenido es el peso neto obtenido de materia neta, se procedió a realizar los respectivos cálculos para la obtención en porcentaje (%).

En cada proceso se tomaran los resultados y se tabularán para la obtención de resultados, los cuales serán analizados para un resultado final, determinando la mejora en el control de la maduración de la fruta dentro de las cámaras de maduración.

G. VARIABLES DE RESPUESTA

Para evaluar el efecto que ejercerá cada una de las dosis de etileno, se tomarán dos tipos de variables respuesta: Calidad del fruto y Rendimiento, de la siguiente manera:

1. Variables de la calidad del fruto

- a. Grados brix de la fruta ($^{\circ}$ Brix)
- b. Potencial de hidrogeno de la fruta (pH)
- c. Grado de maduración (Número; escala 1-7, Ver Figura 1)
- d. Índice de Almidón (Número; escala 1-7, Ver Figura 8)

2. Variables de Rendimiento

- a. Porcentaje de materia bruta obtenida (%)
- b. Porcentaje de materia neta obtenida (%)

H. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la información recopilada se elaboraron matrices de datos de las variables evaluadas, para ser sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA), utilizando la herramienta Excel ya cuadros comparativos de los datos obtenidos por cada tratamiento.

VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. CALIDAD DEL FRUTO

A partir de las mediciones tomadas de las unidades experimentales, se establecen los cuadros de promedios y la descripción de los resultados obtenidos.

1. °Brix del fruto (°Brix): Los grados brix hacen referencia al contenido de sólidos solubles totales presentes en el fruto, expresados como porcentaje. La concentración de los sólidos totales en el fruto va variando a medida que transcurre el tiempo del fruto dentro de las cámaras de maduración. Cuando el fruto se encuentra en el último día previo a su uso, la concentración de azúcares es mayor, días anteriores la cantidad de grados brix suele ser menos, dado que está en proceso de formación de azúcares el fruto.

Para la variable grados brix, los tratamientos que se aplicaron presentaron diferencias en el contenido de sólidos en el fruto, esto se confirma en el Cuadro 4, donde nos indica que el tratamiento 1 presenta mejores resultados en promedios en grados brix, sin embargo no implica que el segundo tratamiento y el testigo hayan tenido resultados no útiles, si no que con base en los resultados se puede determinar a calidad de la fruta, para ser utilizada en un proceso de producción, en el cual se obtiene puré de banano con características deseadas.

Cuadro 4. Resultado de promedios de la variable de grados brix por cada tratamiento y su análisis de varianza.

Mediciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Testigo	R1	21.00	19.76	21.10	21.11	20.88	19.90	21.00	20.92	21.01	21.15	20.49	21.17	20.79
	R2	20.76	21.00	20.00	19.18	20.54	20.59	20.80	19.94	19.78	20.64	20.81	19.36	20.28
	R3	20.21	19.63	21.60	19.87	21.07	20.70	20.54	19.87	20.00	19.65	21.00	20.04	20.35
Tratamiento 1 (110 Lt Etileno)	R1	20.50	20.80	21.10	21.14	20.54	20.58	20.04	20.33	20.07	19.89	20.00	20.76	20.48
	R2	20.61	20.01	21.22	21.29	21.35	20.69	21.59	20.87	20.98	21.00	19.94	21.31	20.91
	R3	19.76	21.90	20.81	20.93	21.53	21.22	21.02	20.58	20.80	21.15	20.81	19.20	20.81
Tratamiento 2 (100Lt Etileno)	R1	19.00	19.76	19.43	17.54	20.32	20.31	19.57	21.34	20.46	19.98	18.98	21.03	19.81
	R2	18.56	20.12	20.02	19.97	20.00	21.45	19.94	20.00	20.43	20.74	19.89	21.10	20.19
	R3	18.54	19.37	20.09	20.00	20.11	19.48	21.06	21.01	20.58	19.65	20.78	18.45	19.93
ANDEVA														
FV	SC	GL	CM	F	P>F	Dist. F								
Tratamientos	0.89	2	0.44	8.19	0.02	5.14								
Error	0.33	6	0.05											
Total	1.22	8												

c. **Potencial de Hidrógeno (pH):** En el resultado de esta variable los tratamientos que se aplicaron presentaron mínimas diferencias, como se muestra en el Cuadro 5, teniendo resultados similares en cuanto a diferencias de cantidad a variable de grados brix, de acuerdo a los resultados se puede determinar la calidad de acidez del producto a procesar en la industria de alimentos, sabiendo los resultados que se pueden obtener con base en la dosis de etileno a utilizar en la maduración.

Cuadro 5. Resultado de promedios de la variable de pH por cada tratamiento y su análisis de varianza

Mediciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Testigo	R1	4.88	4.93	4.89	5.00	4.89	4.87	4.91	5.04	5.03	4.90	4.95	4.90	4.93
	R2	4.90	4.97	4.96	5.01	5.00	5.00	4.97	4.88	5.00	4.95	5.00	4.90	4.96
	R3	5.00	4.95	4.88	5.08	4.90	4.92	4.97	5.00	4.98	4.91	4.92	5.00	4.96
Tratamiento 1 (110 Lt Etileno)	R1	5.00	4.81	5.00	4.82	4.83	4.96	4.92	4.99	4.87	4.95	4.90	4.95	4.92
	R2	4.89	4.78	4.87	5.03	4.95	4.99	4.87	5.00	4.90	4.95	4.85	5.00	4.92
	R3	5.00	4.98	4.78	4.86	4.85	4.97	4.90	4.91	4.92	4.96	4.90	4.87	4.91
Tratamiento 2 (100Lt Etileno)	R1	4.80	4.81	4.98	4.79	4.94	4.85	4.90	4.92	4.87	4.86	4.93	4.80	4.87
	R2	4.78	5.00	4.82	4.76	4.93	4.99	4.91	4.90	4.79	4.88	5.00	4.89	4.89
	R3	4.86	4.93	5.11	4.84	4.77	5.04	4.79	4.78	5.00	4.75	4.91	4.93	4.89

ANDEVA						
FV	SC	GL	CM	F	P>F	Dist. F
Tratamientos	0.0068	2	0.0034	22.97	0.0015	5.14
Error	0.0009	6	0.0001			
Total	0.0077	8				

d. **Grado de maduración:** de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en la medición de la variable de grado de maduración, se demuestra diferencia en cada tratamiento, según se demuestra en el Cuadro 6, teniendo el mismo criterio de la variable de grados brix, en cuanto a la calidad obtenida del fruto de cámara.

Cuadro 6. Resultado de promedios de la variable de grado de maduración por cada tratamiento y su análisis de varianza.

Mediciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Testigo	R1	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6	7	6	6.25
	R2	6	5	6	6	6	6	5	6	4	6	6	5	5.58
	R3	7	7	6	6	5	6	5	5	6	6	5	5	5.75
Tratamiento 1 (110 Lt Etileno)	R1	7	6	6	6	6	7	6	7	5	6	7	5	6.17
	R2	5	5	6	6	5	6	5	4	7	6	5	6	5.50
	R3	6	7	6	6	5	7	5	6	6	5	5	5	5.75
Tratamiento 2 (100Lt Etileno)	R1	6	5	6	5	5	5	5	6	6	7	6	6	5.67
	R2	4	4	5	4	5	5	5	6	4	5	5	4	4.67
	R3	4	5	5	5	5	4	5	5	5	6	4	4	4.75

ANDEVA						
FV	SC	GL	CM	F	P>F	Dist. F
Tratamientos	1.30	2	0.65	3.61	0.09	5.14
Error	1.08	6	0.18			
Total	2.39	8				

e. **Índice de almidón:** esta variable es una de las de mayor importancia, debido a que incide en la consistencia del producto terminado obtenido luego de un proceso productivo de la fruta madurada en las cámaras de maduración, como también se utiliza como un índice de grados brix a obtener en el producto procesado. En base a los resultados obtenidos, se presentan mínimas diferencias en cada tratamiento. El almidón fue menor en el tratamiento 2 debido al poco estímulo que se tuvo con la dosis de etileno utilizada, habiendo provocado menos conversión de azúcares en el fruto. El testigo al igual que el tratamiento 1 presentó mejores resultados para poder utilizar el fruto en el proceso de elaboración de puré de banano.

Cuadro 7. Resultado de promedios de la variable de índice de almidón por cada tratamiento y su análisis de varianza

Mediciones		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Testigo	R1	6	6	5	6	6	5	7	6	7	6	7	6	6.08
	R2	6	5	6	6	6	6	5	6	4	5	6	5	5.50
	R3	7	6	6	6	5	6	5	5	6	6	5	5	5.67
Tratamiento 1 (110 Lt Etileno)	R1	6	5	6	6	6	7	6	7	5	6	7	5	6.00
	R2	5	5	6	6	5	5	5	4	7	6	5	6	5.42
	R3	6	7	6	6	5	7	5	6	6	5	5	5	5.75
Tratamiento 2 (100Lt Etileno)	R1	6	5	6	5	5	5	5	6	5	7	6	6	5.58
	R2	4	4	5	4	5	5	4	6	4	5	5	4	4.58
	R3	4	5	5	5	5	4	5	5	5	6	5	4	4.83

ANDEVA						
FV	SC	GL	CM	F	P>F	Dist. F
Tratamientos	1.08	2	0.54	3.64	0.09	5.14
Error	0.89	6	0.15			
Total	1.98	8				

Los resultados con base en los datos obtenidos no necesariamente muestran una mejor dosis, si no una serie de resultados que permitirán controlar a través de las dosis de etileno para estimular la fruta dentro de las cámaras de maduración, obteniendo parámetros deseados en el producto terminado. De tal forma que se puede obtener un producto más o menos consistente, con determinada cantidad de grados brix, pudiendo satisfacer la necesidad del consumidor. Cabe considerar que la fruta ingresada es de distinta procedencia, por lo cual la maduración se verá afectada de entre el fruto total dentro de las cámaras de maduración. Para con los 5 días que se tiene establecido.

B. RENDIMIENTO

1. **Porcentaje de materia bruta obtenida (%):** Los resultados obtenidos, descritos en el Cuadro 8, indican que la mayor cantidad de materia bruta obtenida la manifestó el tratamiento 3, debido a que, presentó menor reducción del material durante el proceso de maduración a través de lixiviados, al testigo y tratamiento 1, por el bajo estímulo que provocó la dosis de etileno sobre el fruto en el tratamiento 2, sin embargo las características organolépticas del fruto son menores en el tratamiento 2.

Cuadro 8. Porcentaje de materia bruta por cada tratamiento y su análisis de varianza.

Mediciones		Ingresado (Kg)	Egresado (Kg)	(%)
Testigo	R1	360.00	324.00	90.00
	R2	365.00	327.00	89.59
	R3	387.00	343.00	88.63
Tratamiento 1 (110 Lt Etileno)	R1	410.00	368.00	89.76
	R2	394.00	355.00	90.10
	R3	378.00	340.00	89.95
Tratamiento 2 (100Lt Etileno)	R1	390.00	364.00	93.33
	R2	368.00	341.00	92.66
	R3	372.00	339.00	91.13

ANDEVA						
FV	SC	GL	CM	F	P>F	Dist. F
Tratamientos	15.05	2	7.52	12.53	0.01	5.14
Error	3.60	6	0.60			
Total	18.65	8				

2. **Porcentaje de materia neta obtenida:** en el Cuadro 9 se muestra el rendimiento en porcentaje neto obtenido por cada tratamiento, en el cual se confirma que el tratamiento 2 mostró mayor rendimiento, ya que durante su tiempo de maduración no permitió mayor cantidad de lixiviados en comparación al tratamiento 1 y el testigo, de ello dependerá si se quiere obtener cantidad de fruto o mejor calidad del fruto.

Cuadro 9. Porcentaje de materia neta obtenida por cada tratamiento y su análisis de varianza.

Mediciones		Ingresado (Kg)	Egresado (Kg)	(%)
Testigo	R1	205.99	126.94	61.62
	R2	167.20	100.51	60.11
	R3	216.33	144.52	66.81
Tratamiento 1 (110 Lt Etileno)	R1	878.00	581.00	66.17
	R2	198.12	129.51	65.37
	R3	188.12	135.13	71.83
Tratamiento 2 (100Lt Etileno)	R1	191.46	141.15	73.72
	R2	199.24	141.17	70.85
	R3	198.59	122.18	61.52

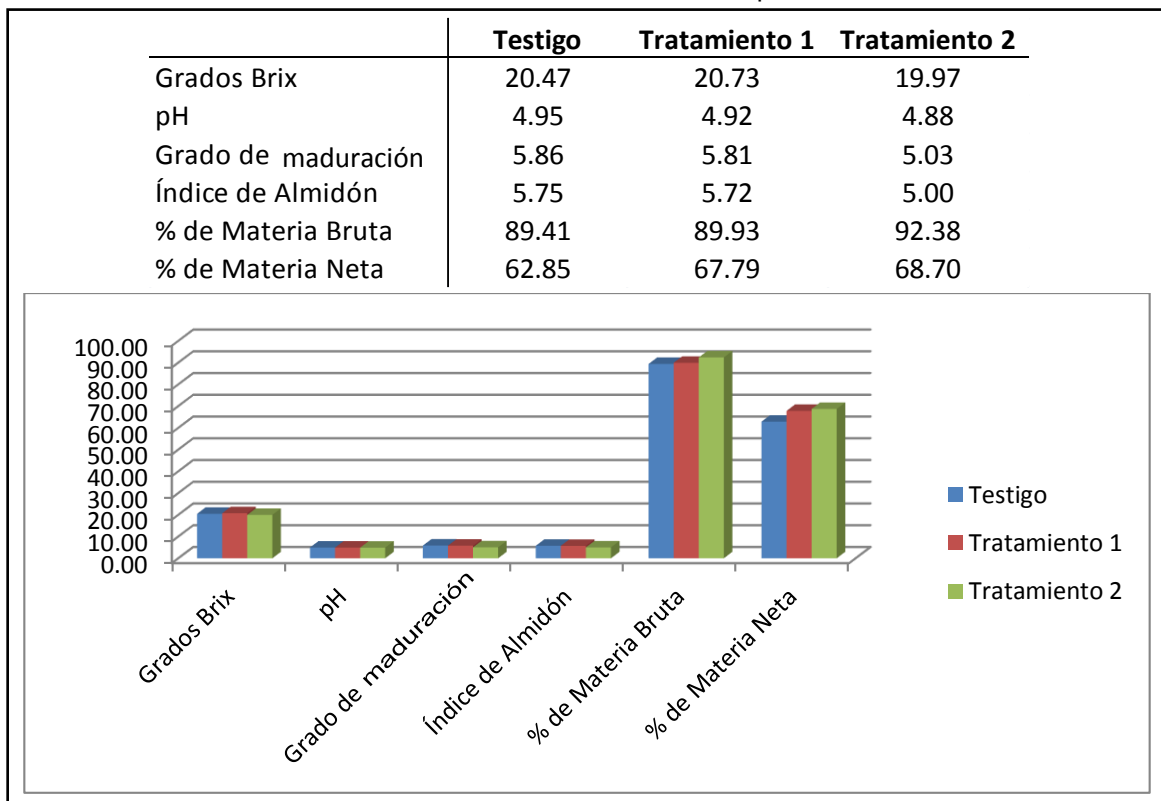
ANDEVA						
FV	SC	GL	CM	F	P>F	Dist. F
Tratamientos	59.52	2	29.76	1.36	0.32	5.14
Error	130.81	6	21.80			
Total	190.33	8				

La prueba resulta en que no todos los tratamientos son iguales para cada variable evaluada, ya que la "F" calculada de todas las variables es mayor a la "F" Tabla (con 2 y 6 grados de libertad), por lo que no presentan significancia. Se procede a realizar un cuadro de comparación de promedios de cada tratamiento para analizar en conjunto cada una de las variables. (Ver punto VI.2., Cuadro 10)

C. ANÁLISIS DE PROMEDIOS DE VARIABLES

En resumen de cada una de las variables medibles se obtuvo el Cuadro 10, en el cual se detalla el promedio general de las mediciones realizadas por cada tratamiento, incluyendo el testigo, se determina qué el porcentaje de grados Brix el tratamiento 1 posee el mayor porcentaje, más cercano a lo esperado, cabe mencionar que la fruta en el proceso de producción se somete a temperaturas; un proceso de esterilización tal, que el % de grados Brix aumenta aproximadamente 2 grados. En pH todos los resultados son aceptables para la producción de un producto natural sin embargo para trabajar un producto acidificado los parámetros están muy altos, se tendría que acidificar para reducir el pH en el producto terminado, se tendría que tener un pH promedio de la fruta de máx. 4.70, para que al momento del proceso de producción de adición de ácidos ascienda a lo esperado según la especificación del cliente que se quiere. El resultado de grado de maduración es aceptable para los dos tratamientos y el testigo, de igual manera el resultado de índice de almidón, los cuales tienen influencia en la consistencia del producto terminado al cual es utilizado, se tendría consistencia entre 3.5 a 7.0 cm/30seg a 20°C, siendo el parámetro deseado en la producción. En los resultados de porcentaje de materia bruta y porcentaje de materia neta, son datos precisos en cuanto a pérdida obtenida durante el proceso de maduración, el cual se describe en el punto anterior.

Cuadro 10. Promedio de resultados de variables por cada tratamiento



VII. CONCLUSIONES

1. Con base en los resultados estadísticos obtenidos no se obtuvo una mejor dosis de etileno a la dosis que actualmente se maneja en *Tropilight S.A.*, no teniendo significancia en todas las variables utilizadas. Sin embargo se determinó la utilidad que puede generar los resultados de cada una de las dosis, no teniendo solo una mejor dosis, si no utilizar una de las dosis evaluada para determinada calidad de producto; puré de banano.
2. Considerando el promedio de los resultados de las repeticiones de cada tratamiento para cada variable, descritos en el cuadro 10, se obtiene lo siguiente:

El mejor tratamiento en resultado de grados brix y pH fue el tratamiento 1 (110 Lt); 20.73 grados brix, pH 4.92, teniendo mayor rendimiento en obtención de materia bruta; 89.93%, y materia neta obtenida de la misma; 67.79%. Sin embargo el testigo refleja también resultados considerables.
3. El tratamiento 2 posee mayor rendimiento al tratamiento 1 y el testigo, pero los resultados de la calidad de la fruta no fueron los esperados, debido a que se presentó menor calidad en grados brix; 19.97 y pH; 4,88, demostrando el resultados de una fruta relativamente más verde, esto no implica desechar el producto, si no que se puede mezclar la fruta con la fruta de otra cámara con mejores resultados, tal es la fruta de las cámaras del tratamiento 1 o del testigo. Cabe mencionar que los grados brix aumentan 1.3 grados en el proceso de producción, en el cual es destinada la fruta de las cámaras.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Evaluar las dosis de etileno en la época seca del país, para determinar el comportamiento en maduración que ha de tener la fruta por la menor cantidad de humedad que se tiene.
2. Complementar las aplicaciones de las dosis de etileno a diferente rango de temperatura, para obtener más resultados que ayuden a definir diferentes manejos que se pueden tener en cuando al proceso de maduración del banano.
3. Realizar un estudio de parámetros fisiológicos y químicos en la fruta que ingresa a la fábrica debido a que esta proviene de diferentes destinos, con fecha de corte no estandarizada y han sido tratadas de manera distintas; manejo cultural, la cual arriba a la fábrica para ser sometida al proceso de maduración.
4. Desarrollar otro estudio considerando el peso homogéneo en el muestreo y toma de datos, para estandarizar en base a un peso los resultados a obtener.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

“The role of ethylene in fruit ripening”. De Burg, S.P., Burg, 1962.

Ayala, Larissa, Conferencia Tropilight S.A. Empresa Exportadora, Tropilight S.A., Escuintla, Guatemala, 2012

Díaz Álvaro, Conferencia, *Producción en Guatemala*, Universidad del Valle de Guatemala. Campus Sur, Guatemala 2013

Guerrero, D., Chong Shing, A., Guzmán, P., Silva, M., Vittoria, G., Yarleque, I. *Diseño de la línea de producción harina, puré, y deshidratado a base de banano orgánico*. Universidad de Piura, Perú, 16 de noviembre de 2012, 125 Págs.

Gomez, Jorge, Ing., Presentación, *Fotosíntesis y Respiración*, Universidad del Valle de Guatemala, Santa Lucia Cotzumalguapa, Guatemala 2010.

Mejilla, Edras, Presentación, *Fruticultura Enfocado en Guatemala*, Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur, Guatemala 2012.

Navas, C. y Costa, A.M. *Diseño de la Línea de Producción de Compotas de Banano*. Escuela Superior Politécnica del Litoral Campus “Gustavo Galindo”, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil-Ecuador, 9 Págs.

Ordoñez Moreno, Gabriel. 2005. *Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador., 110 Págs.

Tropilight S.A., 2013, Procedimiento de Elaboración de Puré de Banano Acidificado con Vitamina “C” Con o Sin Semillas, PPD-01, Versión: 03, 21 Págs.

_____; 2013, Procedimiento de Maduración de Banano, PPD-13, Versión: 02, 16 págs.

Bargosa S.A., Almacén y Maduración, España, 2009,
<http://www.bargosa.com/servicios/almacen-maduracion.php>, Consultado 02/02/2014 a las 11:35 am.

DISSUPP, Banano, Quito, Ecuador, <http://www.dissupp.com/productos/banano>, consultado el 02/02/2014 a las 12:00 pm.

Finca Nuevo Mundo, Proceso de maduración, 2007,
<http://www.fincamundonuevo.com/proceso.html>, consultado el 12/03/2014

Food and Agriculture Organization (FAO), Técnicas de Manejo Post-cosecha a Pequeña Escala: Manual para los Productos Hortofrutícolas (4ª Edición), Capítulo 9, Series de Horticultura Postcosecha No. 8 Julio 2002 Revisado Noviembre de 2003, http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae075s/ae075s21.htm, consultado el 01/01/2014 a las 14:20 pm.

Ventajas y Desventajas del Uso del Etileno, Productos del Aire S.A., Guatemala, 2013, <http://www.productosdelaire.com/index.php/Aplicaciones-y-Casos/ventajas-y-desventajas-del-uso-de-etileno.html>, consultado el 30/01/2014 a las 10:00 am.

Riveros, Santiago, Presentación, *Fitohormonas*, 3 de Noviembre del 2012,
<http://www.slideshare.net/IgnacioDiaz/fitohormonas-15011292>, consultado el 14/02/2014 a las 10:54 am.