

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción.**

“Efecto del tipo de producción de banano Cavendish en su
comportamiento poscosecha”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Ana María Campuzano Vera

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme disfrutar cada día a plenitud, a mis padres por ser la luz que guía mi camino, mi apoyo y mi impulso para alcanzar mis metas con su ejemplo. A mis hermanas por su colaboración, comprensión y ánimos para no desistir. A mi directora de tesis, a todos mis amigos y a mis compañeros del CIBE por su apoyo incondicional.

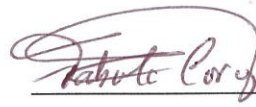
DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres, por brindarme todo su amor incondicionalmente. A mis hermanas y sobrino, con quienes he compartido momentos inolvidables, a toda mi familia, amigos y a quienes de una u otra forma me han ayudado a culminar esta etapa.

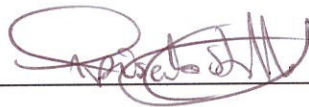
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA DE TESIS



Ing. Priscila Castillo S.
VOCAL PRINCIPAL



CIB-ESPOL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Ana Campuzano Vera

Ana María Campuzano Vera.

RESUMEN

En Ecuador se siembra y se cosecha el banano Cavendish, destacándose en este cultivo las provincias de Los Ríos, El Oro y Guayas. Este fruto es muy valioso para la economía de nuestro país, porque se lo exporta en grandes cantidades, impulsando así el desarrollo del pequeño, mediano y gran productor. Por esta razón, se ha optado por diversas maneras de manejo agronómico con la finalidad de aumentar la productividad y reducir el impacto ambiental, dando lugar a las producciones denominadas “convencionales” y “orgánicas”.

Esta investigación estuvo orientada a determinar la diferencia que existe entre las producciones convencional y orgánica, considerando los cambios físico-químicos que experimenta el banano Cavendish, durante su etapa poscosecha.

Para lograr el objetivo propuesto en esta investigación, se realizó un muestreo bietápico para la selección de las fincas con producción convencional y orgánica en la provincia de El Oro. Esta provincia posee el 25.5% del área cultivada de banano en el país y la mayor cantidad de grandes productores (exportadores).

Posteriormente, en el Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) las muestras fueron receptadas en condiciones de exportación y se procedió a sumergirlas en un recipiente con solución de Etefón, para almacenarlas en su respectiva caja de cartón dentro de la cámara fría. Con la guía de una escala de siete etapas de maduración, se determinó en cada etapa la cantidad de almidón, azúcares totales y reductores, sólidos solubles, potencial de hidrógeno (pH), acidez titulable, humedad en la cáscara, humedad en la pulpa, firmeza y tiempo de maduración del fruto.

Los valores obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y estadística inferencial, luego se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la existencia o no de diferencias estadísticas significativas entre los promedios de las variables de estudio. Para el análisis de las variables porcentaje de almidón y sólidos solubles (°Brix), se aplicó el análisis de regresión.

Los resultados alcanzados entre la producción convencional y orgánica demuestran que no existe diferencia estadística en los cambios físico-químicos analizados al finalizar el proceso de maduración, con excepción en el tiempo de maduración, destacándose la producción orgánica como aquella con mayor tiempo de vida útil debido a su lenta respiración. Sin embargo, en algunas etapas de maduración existe relación entre los cambios físico-

químicos, siendo la más importante la alta relación azúcar/ácido en la etapa seis de la producción orgánica estableciendo que su sabor es más agradable.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y POSCOSECHA DEL BANANO.....	3
1.1 Tipos de producción de banano.....	3
1.1.1. Producción “convencional”.....	4
1.1.2. Producción “orgánica”.....	6
1.2 Características del fruto.....	10
1.3 Tratamientos e importancia de la poscosecha en la comercialización.....	11
1.4 Cambios físico-químicos en la poscosecha.....	15
1.4.1 Almidón y azúcares.....	16
1.4.2 Acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH).....	17
1.4.3 Humedad.....	18

1.4.4 Firmeza.....	19
1.4.5 Tiempo de maduración.....	19

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1 Material vegetal.....	21
2.2 Diseño de muestreo.....	22
2.3 Análisis físico-químicos.....	23
2.3.1 Almidón.....	24
2.3.2 Azúcares.....	24
2.3.3 Acidez titulable.....	25
2.3.4 Potencial de hidrógeno (pH).....	26
2.3.5 Humedad.....	27
2.3.6 Firmeza.....	27
2.4 Análisis de datos.....	29
2.4.1 Estadística descriptiva.....	29
2.4.2 Estadística inferencial (contraste de hipótesis, regresión).....	29

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
3.1 Efecto del tipo de producción sobre el contenido de almidón y azúcares en el fruto.....	31

3.2 Efecto del tipo de producción sobre el contenido de acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH) en el fruto.....	37
3.3 Efecto del tipo de producción sobre el contenido de humedad en el fruto.....	42
3.4 Efecto del tipo de producción sobre el cambio de firmeza en el fruto.....	48
3.5 Efecto del tipo de producción sobre el tiempo de maduración del fruto.....	50

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
--	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

N	Nitrógeno
kg	Kilogramos
ha	Hectárea
NH ₃	Amoníaco
NH ₄	Amonio
K	Potasio
K ₂ O	Monóxido de Potasio
mm	Milímetros
cm	Centímetros
Ca	Calcio
P	Fósforo
mg	Miligramos
g	Gramos
ppm	Partes por millón
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
E	Este
N	Norte
m	Metros
ml	Mililitros
l	Litros
N	Normalidad
mq	Miliequivalente
pH	Potencial de Hidrógeno
s	Segundos
R ²	Coeficiente de determinación
gf	Gramos fuerza

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
°C	Grados Centígrado
°Brix	Grados Brix
PC	Producción convencional
PO	Producción orgánica
E	Etapa de maduración
Al	Almidón
AR	Azúcares reductores
AT	Azúcares totales

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Desechos de bananeras.....	10
Figura 1.2	Banano verde.....	11
Figura 2.1	Medición de acidez titulable.....	26
Figura 2.2	pHmetro.....	27
Figura 2.3	CT3 Texture Analyzer.....	28
Figura 3.1	Modelo de regresión del contenido de almidón en banano según el tipo de producción.....	32
Figura 3.2	Modelo de regresión del contenido de Grados Brix en banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 95% para cada etapa de maduración.....	34
Figura 3.3	Comparación de promedios en Grados Brix entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).....	35
Figura 3.4	Relación de almidón y azúcares de las producciones en las etapas de maduración uno, cuatro y siete.....	36
Figura 3.5	Contenido de Acidez Titulable en banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.....	37
Figura 3.6	Comparación de promedios de Acidez titulable entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).....	39
Figura 3.7	Variación de pH en banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.....	40
Figura 3.8	Comparación de promedios de pH entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).....	41
Figura 3.9	Relación del porcentaje de ácido y pH en las producciones en cada etapa de maduración.....	42
Figura 3.10	Contenido de humedad en la pulpa de banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.....	43
Figura 3.11	Comparación de promedios de contenido de humedad en la pulpa entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).....	45
Figura 3.12	Contenido de humedad en la cáscara de banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.....	46
Figura 3.13	Comparación de promedios de contenido de humedad en la cáscara entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).....	47

Figura 3.14	Relación del contenido de humedad en la pulpa y en la cáscara de las producciones en cada etapa de maduración.....	48
Figura 3.15	Variación de la firmeza en el fruto según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.....	49
Figura 3.16	Comparación de promedios en Firmeza entre producciones para cada estado. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).....	50
Figura 3.17	Variación del tiempo de maduración del fruto según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 90% para cada etapa de maduración.....	51
Figura 3.18	Comparación de promedios del tiempo de maduración entre producciones para cada estado. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,10$).....	52
Figura 3.19	Variación de los parámetros analizados según el tipo de producción.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Cantidades de elementos utilizados por la planta encontrados en la fruta en una plantación altamente productiva.....6
Tabla 2	Algunas frutas y hortalizas en donde los ácidos cítrico y málico son los predominantes.....18
Tabla 3	Ubicación geográfica de las fincas visitadas.....22
Tabla 4	Condiciones de Trabajo del Equipo.....28

INTRODUCCIÓN

Ecuador, debido a su ubicación geográfica cuenta con zonas aptas para desarrollar diversos cultivos, como por ejemplo el del banano. Este cultivo se encuentra especialmente en las provincias de El Oro, Guayas y Los Ríos, que agrupan el 91% de los productores del país. Ecuador es uno de los mayores productores de banano y el primer exportador de este rubro del mundo. En el periodo enero-noviembre del 2009, las exportaciones ecuatorianas ascendieron a 246.880.322 cajas de banano, cantidad que supera los periodos del año 2007 y 2008 [1, 28].

En el país, de acuerdo al tipo de manejo que se le da al cultivo de banano, existe una producción convencional y una orgánica. Esta última surgió como una alternativa para frenar el uso de agroquímicos, los cuales causan el deterioro del suelo, un gran impacto ambiental y la presencia de residuos químicos en la fruta, cuyos niveles son regulados mediante normas internacionales teniendo en cuenta su nocividad para la salud humana [8, 11].

Sin embargo, existe incertidumbre acerca de las ventajas y desventajas de ambos tipos de producción y sus diferencias desde el punto de vista de manejo, productividad y características adecuadas para su consumo y

comercialización, a lo que se añade la poca información existente sobre la poscosecha del banano. Por consiguiente, el presente trabajo está encaminado a analizar el “Efecto del tipo de producción de banano Cavendish en su comportamiento poscosecha”.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula: “Los bananos de producción orgánica y convencional presentan un mismo comportamiento poscosecha, de acuerdo a sus cambios físico-químicos”.

Hipótesis alternativa: “Al menos uno de los cambios físico-químicos es diferente entre las producciones orgánicas y convencionales”.

OBJETIVO

Determinar la diferencia que existe entre la producción convencional y orgánica, considerando los cambios físico-químicos que experimenta el banano Cavendish, durante su etapa poscosecha.

CAPÍTULO 1

1. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y POSCOSECHA DEL BANANO

1.1 Tipos de producción de banano

Este importante cultivo cuenta con dos tipos de producción: convencional y orgánico. Las características de cada una de ellas se presentan a continuación.

1.1.1 Producción “convencional”

La producción agrícola convencional (tradicional) se denomina así por el uso parcial o total de insumos sintéticos o químicos, con el fin de incrementar la producción mediante fertilizantes, y de proteger de plagas y enfermedades con plaguicidas [7, 27].

Una de las enfermedades más importantes que se trata de evitar es La Sigatoka negra, que desde 1987 afecta a todas las bananeras ecuatorianas y es objetivo de investigaciones para obtener variedades resistentes a ella [25, 27].

Fertilización

La fertilización es una práctica agronómica elemental, porque mejora las condiciones nutricionales de la planta y así su óptimo crecimiento. Se basa en la incorporación de elementos dependiendo de la calidad del suelo previamente analizado. Los elementos más importantes para suplir las necesidades nutricionales de la planta durante su crecimiento son Nitrógeno y Potasio [7, 18, 27].

El Nitrógeno (N) se aplica al suelo como urea, la cual contiene 46% del elemento. La importancia del nitrógeno radica en la pequeña cantidad que existe en el suelo, la cual no es suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta. Por este motivo, el nitrógeno debe estar presente en gran medida en los programas de fertilización. Se ha demostrado en algunas investigaciones, que al aplicar una dosis de 320 kg/ha/año de urea, se logra alta productividad y rentabilidad. La urea es hidrolizada con la intervención del agua y la temperatura, convirtiendo el NH_4 en NH_3 , compuesto capaz de ser aprovechado por la planta [7, 18].

El Potasio (K) es el elemento que más requiere el cultivo de banano y con mayor disponibilidad en el suelo, pero al ser la demanda muy alta, es fundamental su presencia en las fertilizaciones para mantener ese nivel. Este elemento para poder formar parte del sistema radical de la planta debe hidrolizarse transformándose en K_2O [7, 18].

En menor cantidad la planta requiere de Fósforo, Magnesio, Calcio, Hierro, Cobre, Zinc y Manganeso. Todos los

nutrimentos mencionados pasan al racimo, por lo tanto en cada cosecha se eliminan grandes cantidades, especialmente de Potasio, como se muestra en la Tabla 1 [7, 17, 18].

La fertilización además de nutrir a la planta, influye en los costos de producción, representando entre el 15 y 17% de los costos totales de producción [18].

TABLA 1. Cantidades de elementos utilizados por la planta encontrados en la fruta en una plantación altamente productiva.

Elementos exportados en la fruta (kg/ha/año)					
Nitrógeno	126.2	Magnesio	10.2	Cobre	0.3
Fósforo	14.5	Calcio	20.3	Zinc	0.8
Potasio	399	Hierro	1.6	Manganeso	0.8

Fuente: Lahav y Turner, 1992

1.1.2 Producción “orgánica”

Se entiende comúnmente por agricultura orgánica aquella donde no se usan insumos sintéticos y cuyos métodos de producción contribuyen al mantenimiento o mejoramiento de

la fertilidad del suelo. La producción orgánica obedece a la voluntad de respetar los procesos biológicos y ecológicos. Sus principios se encuentran en la ecología, ciencia que estudia la interrelación entre los organismos vivos y su entorno. El concepto de agricultura orgánica abarca también los aspectos económicos y sociales de la producción, tanto local como mundial. Su objetivo es apoyar y reforzar los procesos biológicos sin recurrir al uso de abonos sintéticos o de plaguicidas [5].

En efecto, en la actualidad para lograr la misma cantidad de fruta por hectárea se debe aplicar cada vez más agroquímicos, perjudicando no sólo al agricultor, por los costos de producción, sino al medio ambiente por su alto efecto tóxico [6, 21, 26, 29].

Para comercializar algún producto con la etiqueta “orgánico” en el mercado internacional, el agricultor debe pasar por un proceso de certificación, donde debe cumplir con normas para obtenerla. Coody (1994) lo explica así: “el proceso de certificación orgánica no garantiza únicamente que el

producto vaya libre de contaminantes sino que en su proceso productivo no se contaminó el ambiente” [9, 23].

En Ecuador, el banano orgánico se encuentra en El Oro, Guayas y Los Ríos con más de 10.000 hectáreas cultivadas, ubicándolo en el séptimo lugar de los países de acuerdo a la cantidad de hectáreas orgánicas en Sudamérica [2, 11].

Fertilización

Los fertilizantes orgánicos tienen un efectivo resultado en los cultivos, permitiendo mejorar las condiciones físicas del suelo, regular el excedente de sales minerales por su capacidad de absorción, aumentar la fertilidad del suelo y mejorar las condiciones organolépticas de la fruta. Sin embargo, lo principal es el aporte de una enorme suma de microorganismos benéficos, los cuales son los responsables de facilitar la asimilación de nutrientes como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Sodio y Azufre, entre otros [7, 21].

El material orgánico que sirve para obtener los fertilizantes es una limitante, por eso se cuenta con otros productos

como residuos vegetales, desechos de animales, desechos domésticos y residuos agroindustriales que mediante un proceso de descomposición previo, siguiendo un adecuado control de calidad podrían ser utilizados para producir fertilizantes orgánicos como: compost, vermicompost y turbas [7, 14, 21].

En las bananeras existen desechos como los raquis y la fruta de rechazo (Figura 1.1) muy útiles para fabricar compost y elevar los índices de inhibición del hongo *Mycosphaerella fijiensis Morelet* por medio de la elaboración de lixiviados. Barquero (1996) comprobó que al usar este compost en una finca, aproximadamente el 20% de las necesidades de Potasio (125 kg de K_2O /ha/año) pueden ser suplidas [4, 13, 18].

Si bien, este tipo de producción requiere de mayor cuidado, la dinámica biológica del suelo se mantendrá y así se disminuirá el impacto ambiental provocado por la aplicación de agroquímicos.



FIGURA 1.1: Desechos de bananeras.

1.2 Características del fruto

El banano Cavendish pertenece a la familia *Musaceae*. Su nombre científico es *Musa acuminata* AAA (triploide); se originó en el Sudeste de Asia, desde entonces ha ido evolucionando y transformándose hasta convertirse en la fruta carnosa con pocas semillas y agradable sabor que conocemos [22].

Este fruto se lo cosecha verde (madurez fisiológica), como se observa en la Figura 1.2, con un calibre aproximado de 35 a 44 mm, largo de 21 cm mínimo y forma curva. Cuando madura es rico en vitaminas (A, C, E, K y complejo B) y minerales (Ca, P), sin embargo se caracteriza por poseer 370 mg de potasio (K) por cada 100 g de pulpa, por ende es recomendada en la dieta humana para suplir los requerimientos diarios de K, restituir la energía, combatir el cansancio y evitar la deshidratación [20, 30].



FIGURA 1.2. Banano verde.

1.3 Tratamientos e importancia de la poscosecha en la comercialización

La poscosecha comprende desde el transporte de los racimos hasta el almacenamiento del fruto en el lugar de expendio; todo este proceso se detallará a continuación:

i. Transporte por cable

Después de la cosecha el racimo de banano debe ser transportado por cable hasta llegar al área de embarque.

ii. Desenfundado, desflorado, calibración

Se remueve la funda (desenfundado) manteniendo al racimo en el gancho para proceder a la desfloración e inspección del mismo con la finalidad de comprobar el grado solicitado.

iii. Desmane

Con cucharetas se separa las manos del tallo (raquis) haciendo cortes parejos, sin desgarrar y pegado al raquis para obtener suficiente corona. Con cuidado y delicadeza se sumerge la mano en el agua con la corona hacia abajo.

iv. Limpieza y saneo

Esta fase tiene por finalidad la limpieza mediante la flotación de los residuos de florecimiento, basura, entre otros, y la eliminación del látex por el flujo de agua constante (agua corrida) para evitar las manchas ocreas en la piel del banano. Con el saneo se elimina aquellos bananos con heridas por cuchillo, estropeos, cicatrices, picaduras de insectos, manchas, muchas curvas (porque dificultan el empaque), falta de grado y malformaciones (gemelos, muy delgados); surgiendo así el desecho, destinado para comida de animales o como materia prima para la elaboración de abono orgánico. También se realiza el corte de las manos resultando gajos conformados por 5 a 12 dedos (“clusters”).

v. Enjuague

Los “clusters” pasan a otra tina con agua corrida, sirviendo como transporte desde el saneador al pesador, demorando alrededor de 20 a 30 minutos.

En las tinas se emplea solución de cloro o hipoclorito de calcio 70% con una concentración de 1 ppm, para eliminar las esporas causantes de la pudrición de la corona. Al exceder en la dosis de este producto se originará quemadura química en el fruto.

vi. Pesada

En esta etapa se determina cuánto producto se colocará en una caja según su peso y número de “clusters”, por consiguiente debe existir un balance con los “clusters” grandes y pequeños. Se realiza esta actividad con cuidado colocándolos en la bandeja con la corona hacia arriba. Antes de iniciar la pesada se debe verificar con una pesa patrón el buen funcionamiento de la balanza.

vii. Fumigación y sellaje

La bandeja pasa al carrusel de secado o transportador, donde se aplica a la corona una solución de Mertec y Sulfato de aluminio, en cantidades otorgadas por la exportadora, con una bomba. A continuación se sella la fruta en su parte media plana con un dedo, si se requiere para su comercialización.

viii. Empaque

Se empaca en cajas de cartón (con huecos de ventilación) con bolsa de polietileno en su interior, usando un elemento llamado radio para facilitar el arreglo de aproximadamente 12 a 16 “clusters”.

ix. Estiba en vehículos

Se estiba bajo sombra, despacio y sin estropear las cajas una encima de otra sin exceder la cantidad de ocho. El vehículo debe estar cerrado o con lona en su parte superior.

x. Calificación final

En el puerto se ejecuta una apreciación visual para que el cargamento pase al barco. Se califica el grado de madurez y la presentación de la fruta.

xi. Almacenamiento

Las cajas son almacenadas en bodegas refrigeradas (14 - 15°C), hasta llegar a su destino [24].

Todo este conjunto de actividades son importantes al momento de la comercialización, ya que al llevarlas a cabo de una manera eficiente se está previniendo enfermedades poscosecha (podredumbre de la corona), madurez inadecuada o heterogeneidad de los lotes, lo cual garantizará que el fruto llegue al cliente en las condiciones óptimas y así continuar en el mercado competitivo bananero [24].

1.4 Cambios físico-químicos en la poscosecha

Después de ser cosechadas, las frutas sufren cambios físico-químicos propios de la transformación de un fruto no comestible a uno con las condiciones organolépticas aptas y atractivas para su consumo, es decir son cosechadas en madurez fisiológica para continuar con la madurez organoléptica o comercial, especialmente en el caso de los frutos climatéricos, como el banano [31].

Los frutos climatéricos se caracterizan por producir la hormona de maduración, etileno, con el objetivo de continuar con su maduración al ser separados de la planta. Su actividad respiratoria asciende a través de la maduración hasta llegar a un máximo (pico climatérico), terminando así la madurez organoléptica y comenzando la etapa de senescencia o envejecimiento [19, 31].

Es decir, como cualquier ser vivo, el fruto cosechado sigue ejerciendo su actividad metabólica de forma irreversible, lo que desencadena estos cambios, que se detallarán a continuación.

1.4.1 Almidón y azúcares

Los hidratos de carbono están presentes en las frutas en forma de almidón (polisacárido de alto peso molecular) o azúcares (bajo peso molecular). La cantidad que se encuentre en cada uno dependerá del grado de madurez: cuando es un fruto inmaduro se obtendrá un mayor porcentaje de almidón y menor de azúcares, pero cuando madura es todo lo contrario. Esto se produce por el etileno, que activa las amilasas y otros sistemas enzimáticos, hidrolizando al almidón en azúcares como fructosa, glucosa y sacarosa [3, 31].

La hidrólisis de este carbohidrato, no sólo incide en el mejoramiento del gusto acrecentando así su aceptabilidad, sino en la textura, este efecto se explicará con mayor amplitud en el inciso 1.4.4 [31].

1.4.2 Acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH)

Los ácidos orgánicos participan habitualmente en la respiración o su conversión en azúcares realizando el Ciclo de los ácidos tricarboxílicos, disminuyendo así a medida que progresa la maduración de la fruta. Los ácidos predominantes dependiendo de la fruta puede ser cítrico, málico, oxalacético, láctico (Tabla 2), los cuales, por transformaciones bioquímicas, sintetizan ácido pirúvico, acetaldehído y etanol, responsables del aroma. Además, en conjunto con los azúcares, son indispensables para que la fruta alcance un agradable sabor, por el balance azúcar/ácido que existe [3, 24, 32].

La acidez titulable está relacionada con el pH, importante indicador de madurez de la pulpa, el cual, cuando la fruta está en estado verde es alto y desciende conforme va

cambiando de estado, aumentando de manera progresiva la acidez titulable [10].

TABLA 2. Algunas frutas y hortalizas en donde los ácidos cítrico y málico son los predominantes.

	Cítrico	Málico	
Bayas	Remolacha	Manzana	Brócoli
Cítricos	Hortalizas de hoja	Banano	Zanahoria
Guayaba	Leguminosas	Cereza	Apio
Pera	Patata	Melón	Lechuga
Piña	Ciruela	Cebolla	
Tomate			

Fuente: Wills, 1998

1.4.3 Humedad

Durante la maduración, la cáscara libera agua al ambiente disminuyendo su porcentaje de humedad. Pero también, se lleva a cabo la ósmosis, por el paso del agua de una zona con menor concentración de solutos (cáscara) a una zona con mayor concentración (pulpa), aumentando así el porcentaje de humedad de la pulpa [24].

1.4.4 Firmeza

La firmeza de la fruta, se debe a los hidratos de carbono poliméricos como las sustancias pécticas y hemicelulosas, presentes en las paredes celulares, las mismas que mediante fuerzas cohesivas mantienen unidas las células. La degradación de esos hidratos de carbono encargados de la textura firme de los frutos inmaduros, especialmente la protopectina, sustancia péctica insoluble en agua, en el proceso de maduración se transforma en pectinas solubles, por la acción de la protopectinasa, produciendo el ablandamiento del fruto. Sin embargo, el ablandamiento del fruto se debe también a la conversión del almidón en azúcares, y al proceso osmótico, donde se mueve el agua de la cáscara a la pulpa [3, 16, 24, 31].

1.4.5 Tiempo de maduración

El tiempo de maduración depende de la velocidad de degradación de la clorofila, la cual es un complejo orgánico de magnesio responsable del color verde de los frutos inmaduros, dando lugar a la síntesis de otras sustancias como los carotenoides, pigmentos que dan el color amarillo característico del banano [3, 31].

La clorofila se degrada por los cambios de pH, que indica primordialmente la fuga de ácidos orgánicos al exterior de la vacuola, por los procesos oxidativos y por la acción de las clorofilasas [31].

Existe en la actualidad diferentes escalas de maduración para algunos frutos, donde se puede observar, según su color, el estado de madurez en que se encuentran. Estas escalas son muy útiles en las industrias al aceptar un lote, al procesarlas o comercializarlas. Por ejemplo, Von Loesecke en su escala de maduración (ANEXO A), incluye siete estados de madurez para el banano según su color [12].

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material vegetal

Los bananos Cavendish fueron recolectados en tres fincas convencionales y tres orgánicas certificadas (ANEXO B), ubicadas en diferentes puntos del cantón Santa Rosa, provincia de El Oro. La ubicación geográfica de cada unidad muestral fue obtenida mediante el GPS Explorist 600 marca MAGELLAN y están detallados en la Tabla 3. De cada finca se adquirió una caja cuyo destino era Europa.

El fruto fue cosechado 12 semanas después del enfunde, con apariencia verde y rígida; pasando por el proceso de poscosecha descrito en el ANEXO C.

TABLA 3. Ubicación geográfica de las fincas visitadas.

FINCA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	ALTITUD
Convencional 1	17 610557E 9617266N	9m
Convencional 2	17 609415 E 9612641 N	20m
Convencional 3	17 609420 E 9618633 N	5m
Orgánica 1	17 619310 E 9618475 N	14m
Orgánica 2	17 617321 E 9616920 N	15m
Orgánica 3	17 609231 E 9613230 N	18m

2.2 Diseño de muestreo

Se realizó un muestreo bietápico: para la primera etapa, la población fue estratificada por tipo de producción convencional y orgánica, seleccionándose de manera aleatoria tres fincas representativas de cada estrato. Para la segunda etapa, se aplicó muestreo por conglomerado, -siendo estas las fincas donde se recolectó el material vegetal-; luego en cada finca, se realizó la selección aleatoria de las

unidades de observación (banano). El muestreo fue realizado en la provincia de El Oro, por ser la provincia con mayor cantidad de productores, además de considerarla como la mayor zona de cultivo orgánico de banano.

2.3 Análisis físico-químicos

Los bananos de cada caja fueron sumergidos en una solución de Etefón con una concentración aproximada de 2000 ppm, es decir se mezcló 277 ml del producto que contiene 720 g de Etefón/litro con 100 l de agua, por cinco minutos, como indica Ordóñez (2005) [18]. Luego, fueron escurridos sobre una mesa con papel absorbente y almacenados en su respectiva caja de cartón dentro de la cámara fría, a una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 1$ y humedad relativa de $88\% \pm 2$. Todo esto se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE-ESPOL).

Para la medición de cada uno de los parámetros físico-químicos se eligieron las muestras al azar por cada tipo de producción y se realizaron las pruebas por triplicado.

A continuación se detallará la metodología empleada para llevar a cabo la medición de los cambios en cada estado de madurez del

banano, según la escala de maduración de Von Loesecke (ANEXO A).

2.3.1 Almidón

Para determinar el porcentaje de almidón en el banano se escogió tres dedos al azar de cada producción, los cuales se les quitó la cáscara, luego se los cortó con un grosor de un centímetro para ser sumergidos en una solución de ácido cítrico al 10% por cinco minutos. Después de escurrirlos, se los almacenó en el congelador de -40°C con su respectiva etiqueta para su análisis en un laboratorio especializado.

2.3.2 Azúcares

Para obtener el porcentaje de azúcares totales y reductores presentes en banano se ejecutó los pasos detallados en el inciso 2.3.1, pero sólo se realizó este análisis para los estados uno, cuatro y siete de cada producción por ser los más representativos.

También, en cada etapa de maduración se realizó la lectura de los sólidos solubles expresados en grados Brix (°Brix) con un refractómetro óptico marca Kruss, cuya escala de medición

comprende de 0 hasta 30 °Brix. Para la medición, se colocó una dilución preparada con 30 g de fruta y 90 ml de agua destilada, licuada por dos minutos, como se indica en la Guía técnica INIBAP 2; la lectura obtenida se multiplicó por el factor de dilución [10].

2.3.3 Acidez titulable

Con un dedo de banano, se siguió el procedimiento descrito en la Guía técnica INIBAP 2 sobre “Evaluación rutinaria Postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos” [10], usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Ácido} = \frac{\text{ml de NaOH} \times N \text{ NaOH} \times \text{mq del Ácido} \times 100}{\text{Alícuota}}$$

Se obtuvo el resultado en porcentaje de Ácido Málico por ser el ácido predominante en esta fruta, por ende el miliequivalente (mq) empleado en la fórmula fue 0,06706, correspondiente a éste ácido. Esta prueba se llevó a cabo en el CIBE.



FIGURA 2.1. Medición de acidez titulable.

La acidez se midió a partir de una dilución obtenida al licuar 30g de pulpa con 90 ml de agua destilada, a la cual se le añadió fenolftaleína y se tituló con Hidróxido de sodio 0.1 N.

2.3.4 Potencial de hidrógeno (pH)

Se empleó el proceso descrito en la Guía técnica INIBAP 2 sobre “Evaluación rutinaria Postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos” [10], utilizando el pHmetro marca OAKTON, serie 510, en una dilución 1:3 (detallada en el inciso 2.3.3), a temperatura ambiente y calibrando el equipo. Fue desarrollado este análisis en el CIBE.



FIGURA 2.2. pHmetro.

2.3.5 Humedad

Para determinar el contenido de humedad presente en la pulpa y en la cáscara del banano, expresada en porcentaje, se empleó el método facilitado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (ANEXO D), el cual se realizó en el CIBE, usando la estufa marca QUIMIS, serie 08080801.

2.3.6 Firmeza

Para la medición de este parámetro se cortó una rodaja de un centímetro de espesor en la parte media de la fruta (cáscara y pulpa), se colocó en la plataforma del CT3 Texture Analyzer (Figura 2.3), marca Brookfield, el cual, con la ayuda del software TexturePro Ct V1.1 Build 7, se configuró con las condiciones de trabajo descritas en la Tabla 4. Se realizó esta

prueba en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.



FIGURA 2.3. CT3 Texture Analyzer.

TABLA 4. Condiciones de Trabajo del Equipo.

<i>Tipo de test</i>	Compresión
<i>Tipo Objetivo</i>	Distancia
<i>Valor Meta</i>	2,0 mm
<i>Carga de Activación</i>	6,0 g
<i>Velocidad de test</i>	0,50 mm/s
<i>Sonda</i>	TA41
<i>Elemento</i>	TA-RT-KIT
<i>Carga Instrumento</i>	4 500 g

Elaborado por: Campuzano V. Ana, 2010

2.4 Análisis de datos

Se analizaron los resultados obtenidos mediante estadística descriptiva e inferencial para evaluar el comportamiento de los cambios físico-químicos del banano, establecidos de acuerdo al estado de maduración.

2.4.1 Estadística descriptiva

La estadística descriptiva se realizó con el objetivo de analizar y representar los valores obtenidos mediante el cálculo de medidas de tendencia central como la media, la mediana y la moda; además se incluyeron medidas de dispersión como varianza, desviación típica, desviación estándar, coeficiente de variación con la finalidad de conocer la dispersión de las variables estudiadas.

2.4.2 Estadística Inferencial (contraste de hipótesis, regresión)

La estadística inferencial a través de contraste de hipótesis, fue aplicada para determinar la existencia de la homogeneidad de varianza de los grupos analizados y la normalidad de los datos; luego se hizo uso del Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la existencia o no de diferencias estadísticas significativas entre los promedios de

las variables de estudio, por tipos de producción en cada etapa de maduración.

Para el análisis de las variables porcentaje de almidón y sólidos solubles (°Brix), se aplicó el análisis de regresión; además se obtuvo el coeficiente de determinación (R^2) del modelo, para determinar la potencia de explicación del mismo.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos de la evaluación del comportamiento poscosecha del banano se lo realizó en función de su estado de maduración.

3.1 Efecto del tipo de producción sobre el contenido de almidón y azúcares en el fruto

A continuación se presentan los resultados de los parámetros tales como: contenido de almidón, sólidos solubles (°Brix), azúcares totales y reductores, y sus tendencias a través de los estados de maduración.

Contenido de Almidón

En la Figura 3.1 se puede observar claramente una disminución en el contenido de almidón, tanto en la producción convencional como en la producción orgánica.

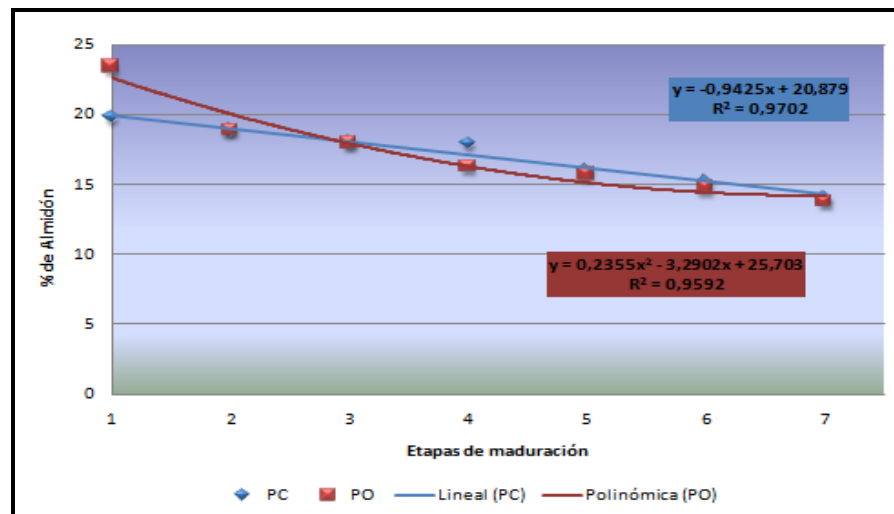


FIGURA 3.1: Modelo de regresión del contenido de almidón en banano según el tipo de producción.

El comportamiento de la curva obtenida a través del modelo de regresión polinómica de grado dos para las fincas con tipo de producción orgánica es la que más se asemeja a la curva descrita por Wills (1998) [32], estableciendo dos segmentos: segmento uno desde el estado uno hasta el estado tres, -caracterizándose por una disminución acelerada-, y el segmento dos que corresponde desde el

estado tres al siete, con una disminución lenta, la cual tiene 95,9% de explicación. Sin embargo, mediante el modelo de regresión lineal para las fincas con producción convencional se puede predecir en una determinada etapa de maduración el porcentaje de almidón que posee el banano al aplicar la ecuación obtenida, la cual tiene 97% de explicación. Por lo anterior, el porcentaje de almidón disminuye 0,9425 cada vez que cambia de etapa de maduración el banano.

Contenido de Sólidos Solubles

En la Figura 3.2 se observa notoriamente el aumento progresivo del contenido de los sólidos solubles (°Brix), tanto en la producción convencional como en la producción orgánica, lo que muestra la degradación del almidón en ambas producciones.

La curva obtenida a través del modelo de regresión lineal para las fincas con tipo de producción convencional, muestra un comportamiento inferior a la curva obtenida por el modelo de regresión polinómica de grado dos para las fincas de tipo de producción orgánica, por la divergencia en la velocidad de degradación del almidón, pero esto no influye de manera significativa en el contenido de sólidos solubles al terminar la maduración del

fruto (Figura 3.3). Tales resultados contradicen lo señalado por Orozco (1998) [21].

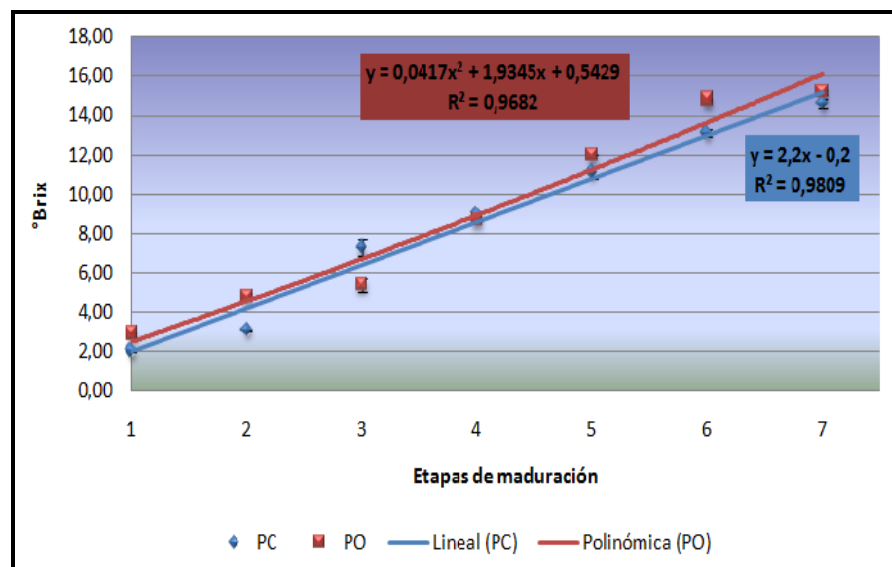


FIGURA 3.2: Modelo de regresión del contenido de Grados Brix en banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 95% para cada etapa de maduración.

Además, a través del modelo de regresión lineal de la producción convencional por su potencia de explicación (98%), se puede predecir el contenido de sólidos solubles que posee el banano en una etapa dada de maduración, considerando que los grados brix (°Brix) aumentan 2,2 al pasar de una etapa de maduración a otra.

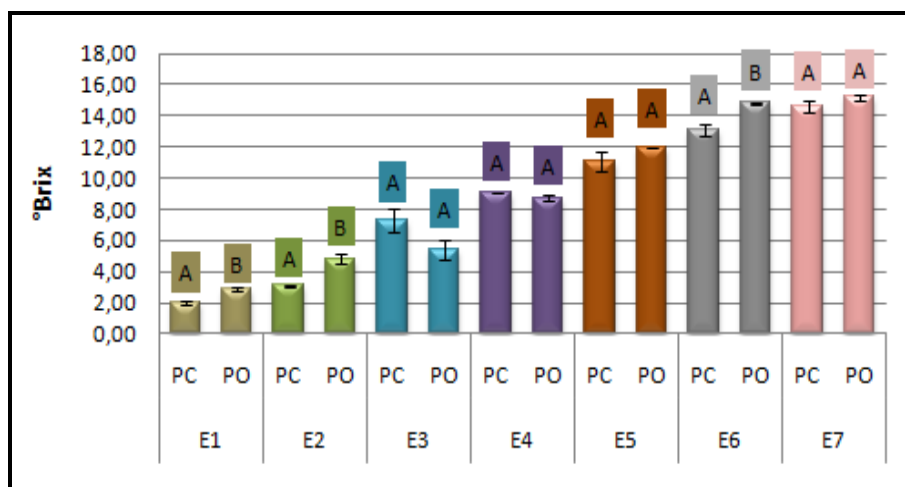


FIGURA 3.3: Comparación de promedios en Grados Brix entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).

En la Figura 3.4 se aprecia que existe una relación inversa entre el contenido de almidón y azúcares en ambos tipos de producción, es decir el contenido de almidón tiene tendencia a disminuir a medida que aumenta el porcentaje de azúcares a través de las etapas de maduración.

La Figura 3.4 indica que la producción orgánica muestra un mayor contenido inicial de azúcares y almidón. Además, una disminución acelerada de almidón del estado uno al estado cuatro. En este mismo intervalo, se aprecia que los azúcares reductores (glucosa y fructosa) no se incrementan considerablemente como lo hacen los

azúcares totales (sacarosa, glucosa y fructosa) en comparación a la producción convencional. Los valores finales de cada parámetro, tanto en la producción orgánica como convencional, son similares y las tendencias de los parámetros también; sin embargo en esta etapa pueden diferir en el grado de dulzor por el contenido de fructosa, la cual posee un alto grado de dulzor entre los azúcares naturales que presentan las frutas.

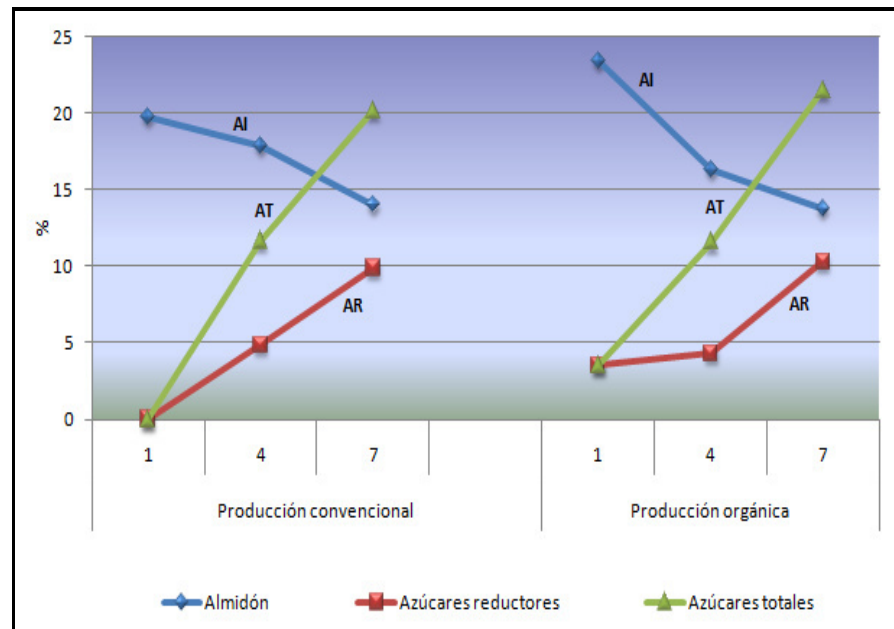


FIGURA 3.4: Relación de almidón y azúcares de las producciones en las etapas de maduración uno, cuatro y siete.

3.2 Efecto del tipo de producción sobre el contenido de acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH) en el fruto.

A continuación se presentan los resultados de los parámetros tales como el contenido de acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH).

Acidez Titulable

En la Figura 3.5 se observa el comportamiento del Ácido Málico presente en el banano tanto de producción convencional como de producción orgánica, el cual es similar en ambos tipos de producción.

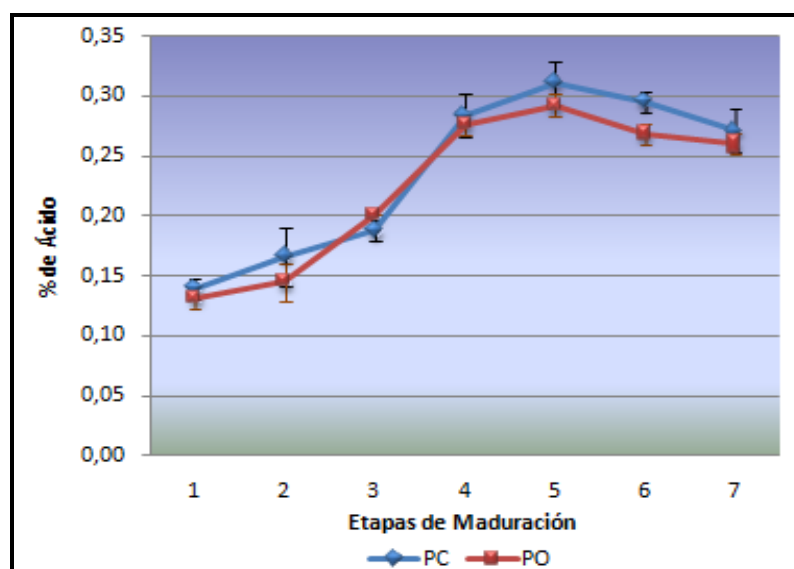


FIGURA 3.5: Contenido de Acidez Titulable en banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.

En ambas curvas se distingue dos partes; la primera se caracteriza por el aumento progresivo de ácido desde la etapa uno hasta la etapa cinco, y la segunda por la disminución del mismo desde la etapa cinco hasta la siete.

Además, al comparar las dos producciones existe diferencia estadística significativa en el estado seis por el mayor consumo de ácido en el banano de producción orgánica para procesos respiratorios como el ciclo de los ácidos tricarbónicos. Pero, al finalizar la maduración no se presentó ninguna diferencia estadística significativa (Figura 3.6) entre las dos producciones, ya que el ácido influye en el aroma y sabor de la fruta, por lo tanto se contradice lo expuesto por Orozco (1998), quién señalaba que el fruto de la producción orgánica posee mejores características organolépticas [21].

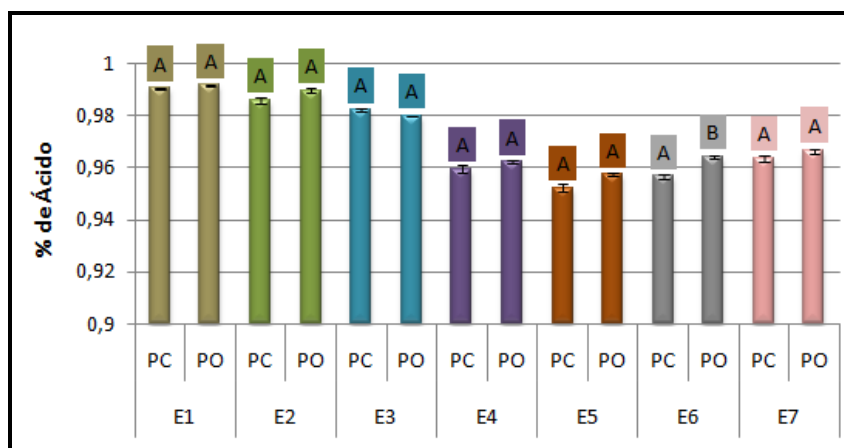


FIGURA 3.6: Comparación de promedios de Acidez titulable entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).

Potencial de hidrógeno (pH)

En la figura 3.7 se muestra un comportamiento similar del pH de la pulpa de banano, tanto en la producción convencional como en la producción orgánica.

Ambas curvas presentan dos segmentos así como las curvas de acidez titulable presentadas anteriormente (Figura 3.5), caracterizándose el primero por la disminución progresiva de pH desde la etapa uno hasta la etapa cinco, y el segundo por el aumento del mismo desde la etapa cinco hasta la siete, coincidiendo así en el corte de los segmentos entre estas curvas (etapa cinco).

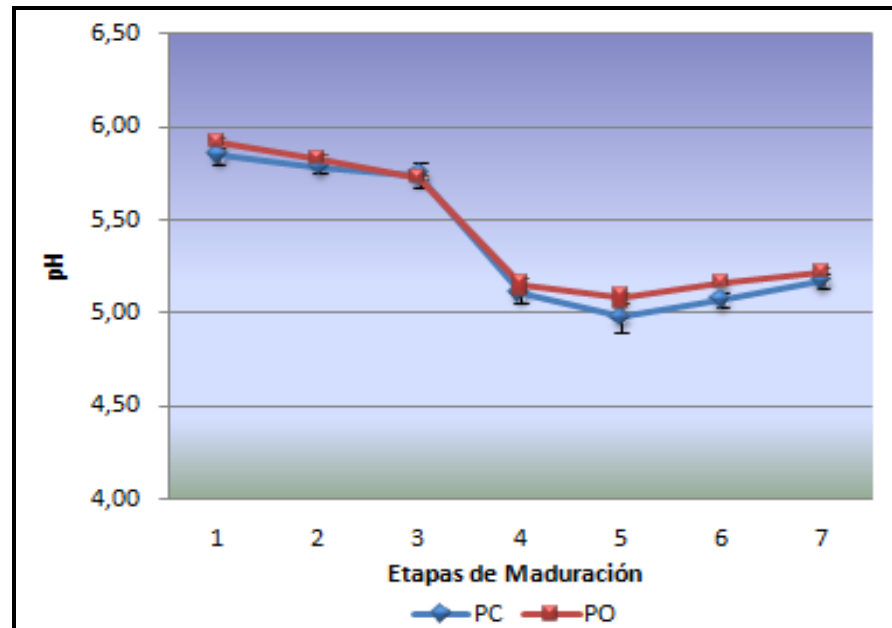


FIGURA 3.7: Variación de pH en banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.

En esta variación de pH a lo largo de la maduración no existe diferencia estadística significativa (Figura 3.8), lo que demuestra que durante este proceso el banano de las fincas de producción convencional es semejante al proveniente de las fincas de producción orgánica.

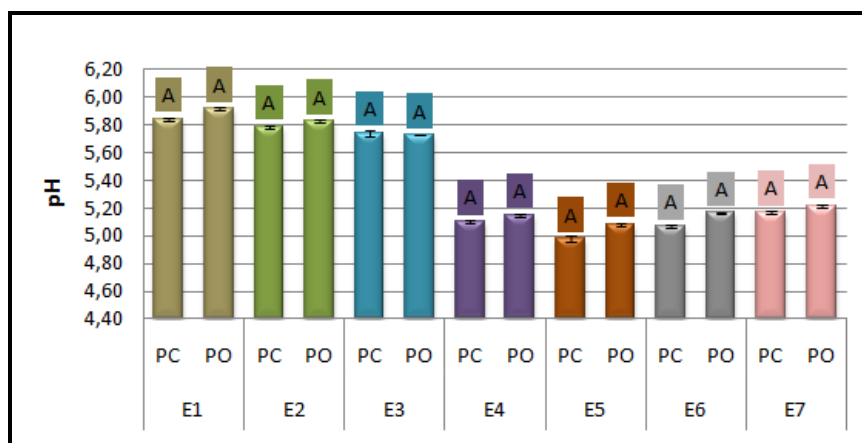


FIGURA 3.8: Comparación de promedios de pH entre producciones para cada estado de maduración. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).

En la figura 3.9 se puede apreciar la relación inversamente proporcional que existe entre la acidez titulable y el pH en cada tipo de producción, confirmando que la etapa de maduración cinco es el punto de corte que origina las dos partes o segmentos, los cuales ya fueron claramente explicados anteriormente, y se puede observar las tendencias similares que sigue cada curva a través de las etapas de maduración en cada producción.

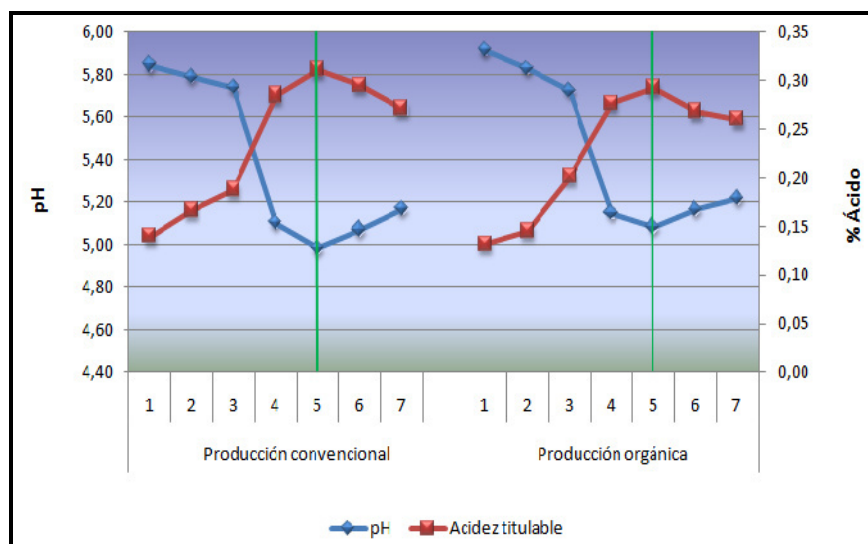


FIGURA 3.9: Relación del porcentaje de ácido y pH en las producciones en cada etapa de maduración.

Además, al comparar estas producciones, se observa claramente que en ambas se produce un efecto acelerado de aumento de ácido y disminución de pH entre los estados tres y cuatro, porque el fruto está cambiando de inmaduro (color verde) a maduro (color amarillo), aumentando así la síntesis de los ácidos para luego continuar con el uso de los mismos en la respiración del fruto.

3.3 Efecto del tipo de producción sobre el contenido de humedad en el fruto.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de acuerdo al contenido de humedad presente en la pulpa y en la cáscara.

Humedad en la pulpa

Como indica Gibert (2009) [15], el contenido de materia seca en las bananas de postre fluctúa entre 19.6 a 30.9%, por consiguiente el contenido de humedad oscila entre 80.4 a 69.1%. Los valores obtenidos en este trabajo en los dos tipos de producción se encuentran en este intervalo (Figura 3.10).

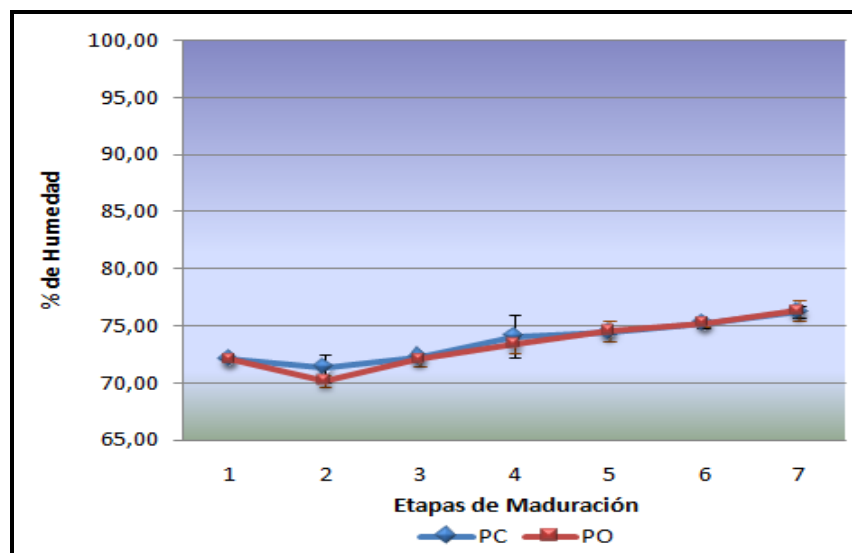


FIGURA 3.10: Contenido de humedad en la pulpa de banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.

En la Figura 3.10 se observa el incremento del contenido de humedad en la pulpa debido al incremento de los sólidos solubles, excepto en la etapa dos, donde disminuye el contenido de humedad

debido al cambio de temperatura que sufre el fruto, siendo esto más notorio en las fincas con producción orgánica. Se deberá tener cuidado con el cambio de temperatura, porque puede causar problemas de deshidratación. Por este motivo, en esta misma etapa en la producción convencional existe alta variabilidad en los valores observados. De igual manera, se presenta en la producción convencional en la etapa cuatro, donde el fruto posee según la escala más amarillo que verde, es decir se está transformando en un fruto maduro y por consiguiente su respiración será más acelerada. Sin embargo, a través de las etapas de maduración no existe diferencia estadística significativa entre las producciones (Figura 3.11), lo que permite aseverar que tienen un comportamiento similar.

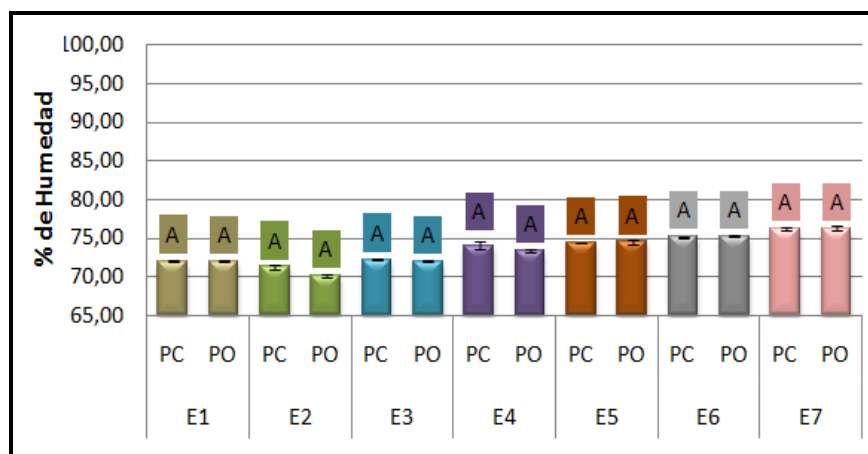


FIGURA 3.11: Comparación de promedios de contenido de humedad en la pulpa entre producciones para cada estado de maduración.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$)

Humedad en la cáscara

Los resultados obtenidos indicaron una disminución en el contenido de humedad en la cáscara a medida que avanzan las etapas de maduración. La Figura 3.12 muestra las curvas determinadas para cada tipo de producción, poniendo en evidencia que poseen un comportamiento similar.

La comparación estadística de cada etapa en los dos tipos de producción, mostró que existe diferencia estadística significativa entre las etapas dos, tres y cinco entre las producciones (Figura 3.13), disminuyendo de manera uniforme el contenido de humedad

en la cáscara de la producción convencional, mientras que en la producción orgánica la disminución deja de ser constante, presentándose de forma acelerada para continuar a la siguiente etapa (etapa tres). Lo mismo ocurrió para llegar a la etapa cinco. Estos cambios son originados tanto por la respiración como por el ambiente al que están expuestos, que en este caso fue de $88\% \pm 2$ de humedad relativa. Sin embargo, aunque se observaron esas diferencias, esto no influyó al término de la maduración del fruto en ambas producciones.

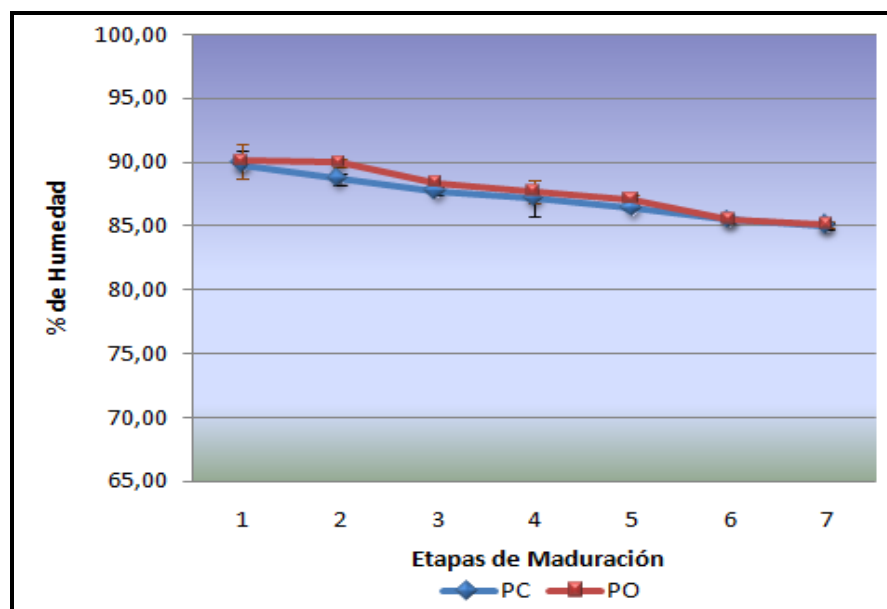


FIGURA 3.12: Contenido de humedad en la cáscara de banano según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.

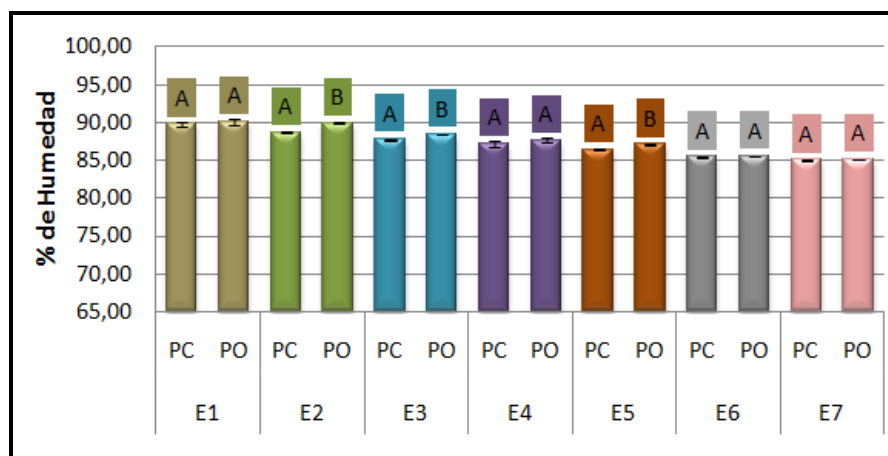


FIGURA 3.13: Comparación de promedios de contenido de humedad en la cáscara entre producciones para cada estado de maduración.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).

Existe variabilidad en el porcentaje de contenido de humedad en la cáscara en la etapa cuatro (Figura 3.12), que pertenece a la producción convencional; este mismo efecto se observa con el contenido de humedad en la pulpa, coincidiendo en la etapa cuatro.

En la Figura 3.14 se observa cómo el contenido de humedad en la pulpa se incrementa mientras que el contenido de la cáscara disminuye a medida que pasa las etapas de maduración, manteniendo así una relación inversamente proporcional, como indica Riofrío (2003) [24].

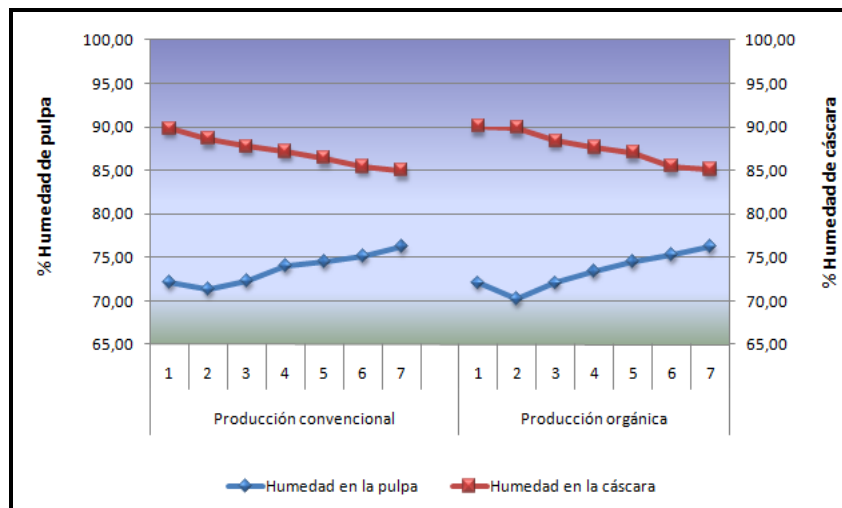


FIGURA 3.14: Relación del contenido de humedad en la pulpa y en la cáscara de las producciones en cada etapa de maduración.

3.4 Efecto del tipo de producción sobre el cambio de firmeza en el fruto

El comportamiento de la firmeza en la fruta se muestra en la Figura 3.15. Se aprecia la pérdida de firmeza en la fruta de cada producción a medida que avanza la maduración, disminuyendo en la producción orgánica más que en la producción convencional durante las tres primeras etapas, ya que en la etapa cuatro de la producción convencional disminuye de forma brusca, pero en las siguientes etapas posee un comportamiento similar a la producción orgánica.

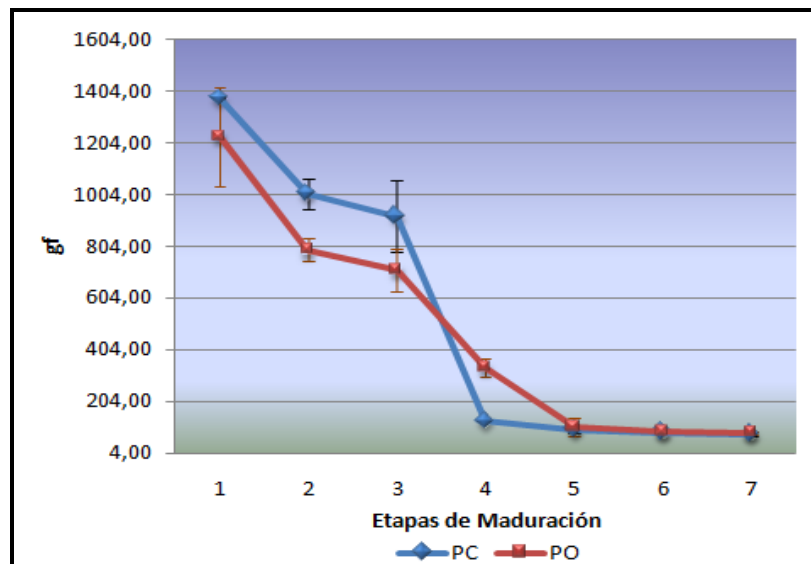


FIGURA 3.15: Variación de la firmeza en el fruto según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 97% para cada etapa de maduración.

Esta variación de la firmeza se debe al aumento de sólidos solubles en la pulpa, por el proceso osmótico que se lleva a cabo entre la cáscara y la pulpa y por la degradación de las sustancias pépticas; todo esto produce el ablandamiento del fruto, el cual, al reducir su firmeza de manera acelerada, es más susceptible a los daños mecánicos durante su vida poscosecha.

En la etapa uno de la producción orgánica y tres de la producción convencional, se observa variabilidad en los datos, producto de la respiración del fruto.

Pese a las diferencias anteriormente descritas entre las producciones, no existen diferencias estadísticas significativas como se muestra en la Figura 3.16, por consiguiente en la variación de la firmeza las dos producciones son similares en la maduración.

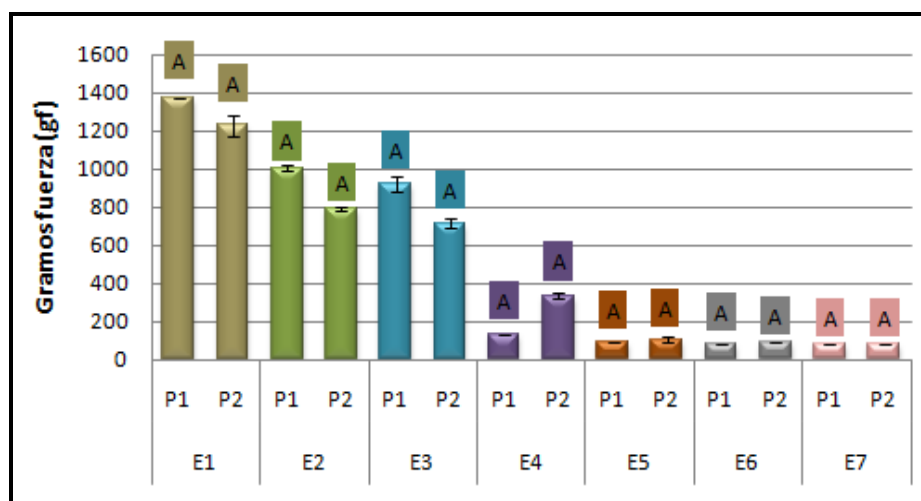


FIGURA 3.16: Comparación de promedios en Firmeza entre producciones para cada estado. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$).

3.5 Efecto del tipo de producción sobre el tiempo de maduración del fruto

En la Figura 3.17 se observa que la curva de las fincas de producción orgánica tiene más distanciamiento que la curva de las fincas de producción convencional en cada estado de maduración.

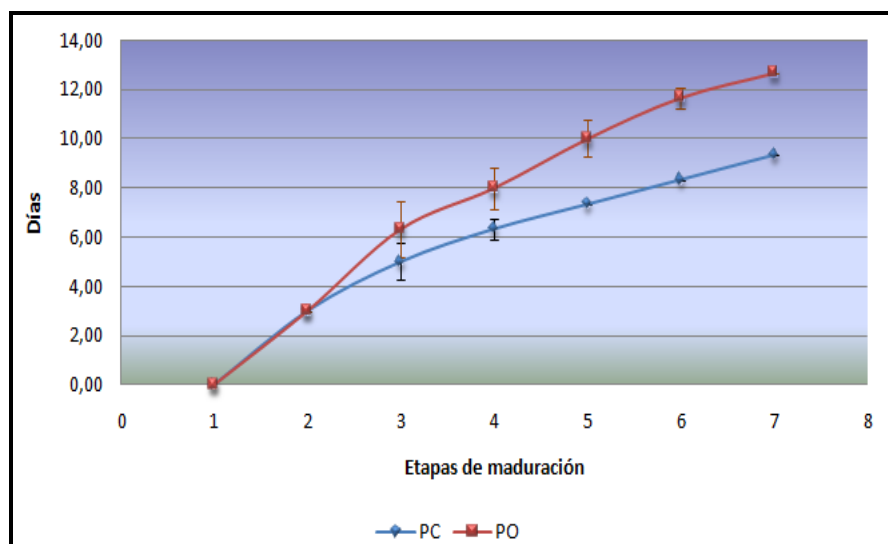


FIGURA 3.17: Variación del tiempo de maduración del fruto según el tipo de producción. Intervalos de confianza al 90% para cada etapa de maduración.

Sin embargo, el banano tanto orgánico como convencional se demoran en promedio tres días en pasar del estado uno al estado dos y en pasar del estado seis al estado siete en promedio un día, mientras que en los estados intermedios el banano de la producción orgánica se demora más en cambiar de etapa que el banano de producción convencional, esto sucede en las etapas tres, cinco y seis, las cuales si presentan diferencia estadística significativa (Figura 3.18).

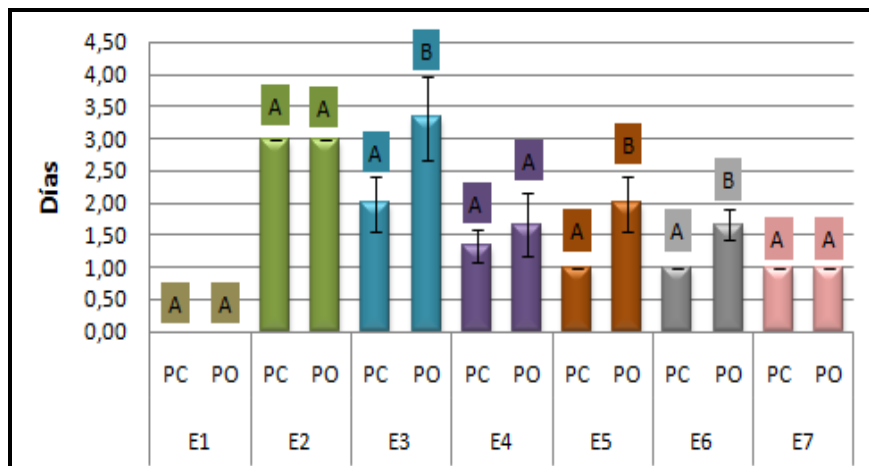


FIGURA 3.18: Comparación de promedios del tiempo de maduración entre producciones para cada estado. Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($p \leq 0,10$).

La variabilidad que existe entre los valores observados en la figura 3.17 en las etapas intermedias (tres, cuatro y cinco) y las diferencias significativas que existen (Figura 3.18), es por el conocido efecto que produce la maduración de las frutas donde se altera la respiración, velocidad de degradación de la clorofila y la síntesis de los carotenoides responsables de la coloración, tanto en la producción orgánica como convencional.

Por consiguiente, el banano proveniente de las fincas con producción orgánica demora aproximadamente trece días en madurar mientras que el banano de las fincas con producción convencional ocho días,

es decir el banano orgánico posee un tiempo mayor de vida útil, por la tasa de respiración, la cual puede estar influenciada por la acción de algún químico en el caso del banano convencional. Sin embargo, el banano proveniente de las fincas con producción convencional presenta un comportamiento estable, en cuanto al tiempo que media entre una y otra etapa.

Al confrontar este parámetro con los demás se puede observar (Figura 3.19) que al finalizar el período de maduración en ambas producciones, no existen diferencias significativas entre los promedios de parámetros analizados (Figuras 3.3, 3.6, 3.8, 3.11, 3.13, 3.16, 3.18), por lo tanto el tiempo de maduración no influye en los cambios poscosecha del banano, el cual en la etapa siete es apetecible para el consumidor. También, se observa que el banano de producción convencional, en las etapas tres y cuatro por su menor tiempo de vida útil presenta cambios bruscos, mientras que el banano de producción orgánica lo realiza en un periodo de tiempo mayor.

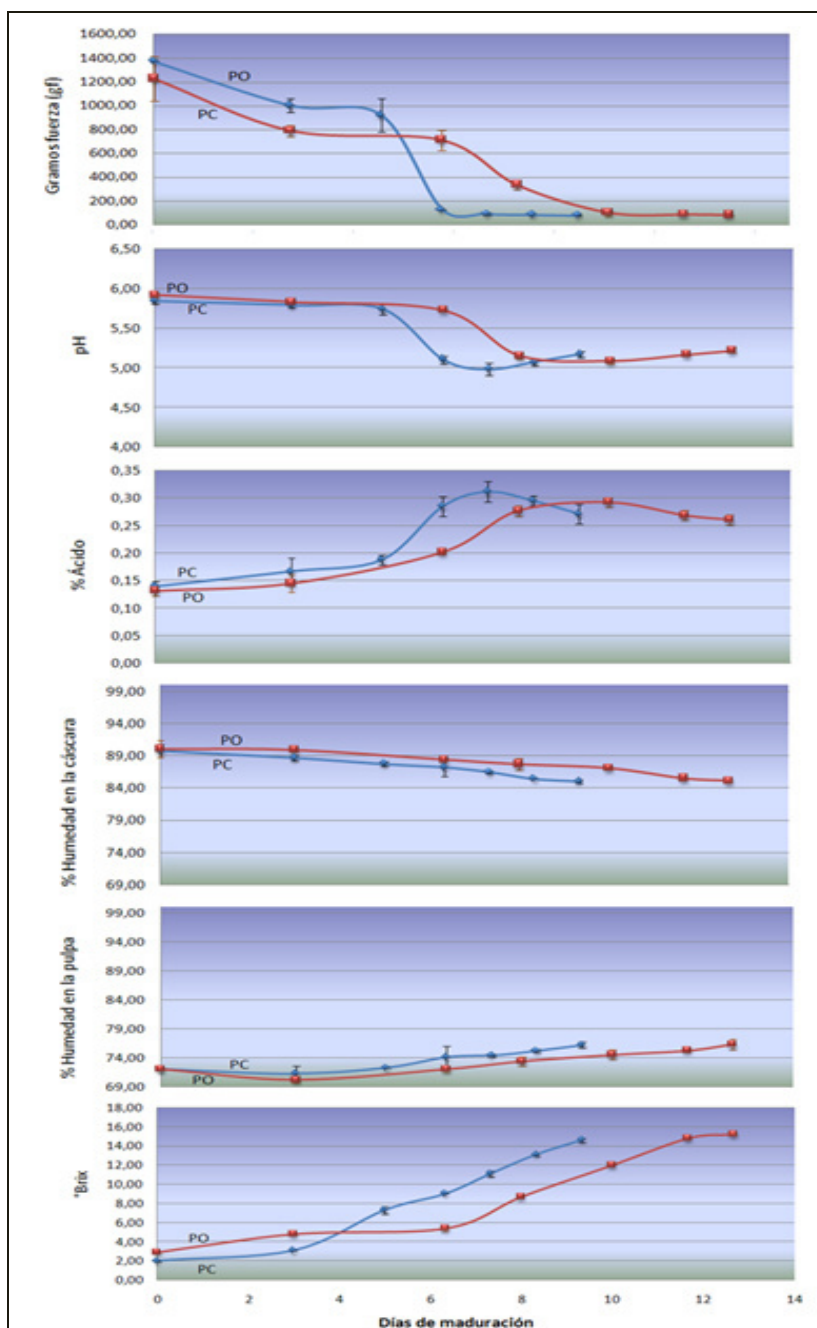


FIGURA 3.19: Variación de los parámetros analizados según el tipo de producción.

Al comparar los resultados obtenidos coincide que en el intervalo tres y cuatro existe una variación notoria en la acidez titulable, pH, humedad en la cáscara, firmeza y tiempo de maduración en ambas producciones, lo cual se da por el paso del fruto de un estado inmaduro (color verde) a un estado maduro (color amarillo). Otra relación que existe en ambas producciones, es entre los sólidos solubles, humedad en la cáscara y firmeza en la etapa dos, debido al incremento de sólidos solubles y por el proceso osmótico entre la pulpa y la cáscara como indicó Riofrío (2003) [24]. Por último, en la etapa seis de la producción orgánica se observa un mayor incremento en los sólidos solubles y una notable disminución en la acidez obteniendo así 54,8 como balance azúcar/ácido, mientras el de producción convencional tiene 43,7, por consiguiente el banano orgánico posee un sabor más agradable un sabor agradable según Wills (1998) [32]; sin embargo en la etapa siete este balance es similar a la producción convencional.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A partir de los resultados de la investigación se puede concluir lo siguiente:

1. Tanto en el banano de las fincas con producción convencional como el de las fincas con producción orgánica, el contenido de almidón, azúcares totales, azúcares reductores y sólidos solubles fueron similares al concluir la maduración del fruto (etapa siete), pese a presentar el banano orgánico al inicio mayor contenido de almidón y azúcares (etapa uno).

2. El pH y el contenido de ácido málico tuvieron un comportamiento diferente a partir de la etapa cinco de maduración, debido a la acción de los ácidos en la respiración de la fruta. Pero, al finalizar el proceso de maduración no existe diferencias estadísticas ($p \leq 0,03$) entre las producciones.
3. El contenido de humedad en la pulpa y en la cáscara al finalizar el proceso de maduración no poseen diferencias significativas ($p \leq 0,03$) entre las producciones, sin embargo en el contenido de humedad en la cáscara existen variaciones, las cuales no influyen al terminar la maduración.
4. Existe una disminución acelerada en la firmeza del banano proveniente de las fincas con producción convencional, desde la etapa tres (920 gf) hasta la etapa cuatro (128 gf), sin embargo no existe diferencias significativas ($p \leq 0,03$) en ambas producciones durante el proceso de maduración.
5. El banano que pertenece a las fincas orgánicas posee mayor tiempo de vida útil (aproximadamente 13 días) que el de las fincas convencionales (aproximadamente ocho días), debido a la variación en su tasa de respiración.

6. En ambas producciones, en el intervalo de la etapa tres y cuatro existe una variación notoria en la acidez titulable, pH, humedad en la cáscara, firmeza y tiempo de maduración, a consecuencia que el fruto está pasando de un estado inmaduro (color verde) a un estado maduro (color amarillo), por el incremento de su respiración.

7. En la etapa dos, ambas producciones presentan diferencia significativa en los sólidos solubles ($p \leq 0,05$), humedad en la cáscara ($p \leq 0,03$) y firmeza ($p \leq 0,10$), relacionándose entre sí debido al incremento de sólidos solubles y por el proceso osmótico como indicó Riofrío.

8. A partir de la mutua diferencia significativa entre los sólidos solubles ($p \leq 0,05$) y la acidez ($p \leq 0,03$), en la etapa seis, el banano proveniente de las fincas con producción orgánica tiene 54,8 como balance azúcar/ácido, mientras el de las fincas convencionales es de 43,7, considerando esto y según Wills el más agradable es el banano orgánico. Sin embargo, en la etapa siete este balance es similar al banano proveniente de las fincas con producción convencional.







Recomendaciones


- Efectuar un estudio posterior tomando en consideración tiempo de la fruta en el contenedor para la exportación con su respectiva temperatura y tiempo de percha de la fruta, además de la aplicación de atmósferas controladas en el almacenamiento con el fin de controlar la inestabilidad en el tiempo de maduración.
- Se recomienda realizar un estudio sobre el efecto de la fructosa al finalizar la maduración del banano entre ambas producciones a nivel cuantitativo y cualitativo, este último mediante análisis sensorial.
- Realizar estudios acerca de la tasa de respiración en el banano Cavendish proveniente de fincas con producción convencional y orgánica.
- Efectuar investigaciones sobre los compuestos químicos presentes en el banano convencional y su influencia en su tiempo de maduración.

ANEXOS

ANEXO A

ESCALA DE MADURACIÓN DE VON LOESECKE

1- Totalmente Verde	
2- Verde con trazas amarillas	
3- Mas Verde que Amarillo	
4- Mas Amarillo que Verde	
5- Amarillo con Punta Verde	
6- Todo Amarillo	

<p>7- Amarillo con Áreas Marrones</p>	
---------------------------------------	--

Fuente: FAED [11].

ANEXO B

CERTIFICADOS DE LAS FINCAS ORGÁNICAS

- Orgánica 1:

CERTIFICATE

CERTIFICATE No: C312423EU-01,2009
REGISTRATION N°: CU 812423

Field of attention:
Organic production methods
Organic EU

Issued to:
FINCA LA INSUA NUDILLAL- FERNANDO BENIGNO PACHECO
SANTA ROSA, ECUADOR
Project in: **ECUADOR**

Standard:
Regulation (EC) No 834/2007 and of Regulation (EC) No 889/2008 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs, including the amending regulations, and/or Control Union Certifications (CU) Inspection Regulations.
Normativa de la Producción Orgánica Agropecuaria en el Ecuador Acuerdo Ministerial 302 Registro Oficial 384

Valid until: 27 August 2010

Control Union Certifications declares to have inspected the unit(s), and/or product(s) of the above mentioned client, and have found them in accordance with the standards mentioned above.

This certificate covers the unit(s), and/or product(s) as mentioned in the authenticated annex of this certificate. This document has been issued on the basis of Article 29(1) of Regulation (EC) No 834/2007 and of Regulation (EC) No 889/2008. The declared operator has submitted his activities under control; and meets the requirements laid down in the named Regulations.

This certificate is in force until further notice, provided that the above-mentioned client continues meeting the conditions as laid down in the client contract with Control Union Certifications. Based on the annual inspections that Control Union Certifications performs, this certificate is updated and kept into force.

Date of certification:
07 July 2009
Last date of inspection: 28 April 2009
Place and date of issue:
Lima, 14 July 2009

Declared by:
On behalf of the Managing Director
Mr. A. Rodríguez Arango

Certifier
Control Union Certifications
P.O. Box 161
8000 AD Zwolle
The Netherlands
<http://www.controlunion.com>
tel: +31(0)38-4260100

Control Union Peru
Av. Dos de Mayo 1203, Sur
Isidro San Isidro
Lima PERU
Tel: 00511-4224744

1 of 3

CONTROL UNION CERTIFICATIONS

- Orgánica 2:

Nombre: **APAO – FINCA LA PACHECO**
Direccion: Arizaga y Juan Montalvo
Machala – El Oro
Pais Ecuador



Lima, 05 de Agosto 2008

Re: **GLOBALGAP Certificado C810184GAP-01.2008**

Estimada Sr. Carlos Espinoza :

Nos complace informarle que hemos certificado sus productos de acuerdo al estándar:

GLOBALGAP *Version 3.0-2 September 07*

Certificado GLOBALGAP

En su certificado puede encontrar sus productos certificados GLOBALGAP. El certificado resume sus logros en relación a la certificación GLOBALGAP de su producción. Por favor revise toda la información en el certificado e infórmenos en caso hayan cambios o errores. El certificado será renovado cada año, dependiendo de los resultados de la certificación. Puede usar su certificado GI OBAI GAP para fines de relaciones públicas.

Para los **productores de frutas y hortalizas**, la condición de la certificación depende de los resultados de la muestra de los cultivos que se toma durante la cosecha, que no deben exceder los niveles máximos permisibles de residuos (MRL siglas en inglés) de los productos para la protección de cultivos. En caso el MRL se exceda, el cliente debe informar a Control Union Certifications inmediatamente.

Esperamos haberlo informado lo suficiente.

Saludos cordiales,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Claudia Perez Mera".

Claudia Perez Mera
Certificador

Adjunto.:
Certificado GLOBALGAP



CERTIFICATE

Integrated Farm Assurance Version 3.0-2 Sep07

Option 1

Fruit and Vegetables

Issued to:

APAO - FINCA LA PACHECO

ARIZAGA Y JUAN MONTALVO

MACUALA

EL ORO ECUADOR

Control Union Certifications declares that the production of the products mentioned on this certificate has been found to be compliant in accordance with the standard:

products	GLOBALGAP (EUROPGAP) CERTIFICATE No.	Produce handling	Harvest extended
Bananas	CS1018GAP-01-2008	Yes	No

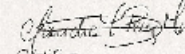
Valid from : 05 August 2008

Valid until : 04 August 2009

Declared by:

On behalf of the Managing Director

Miss C. Perez


Certifier

GLOBALGAP

Control Union Certifications
P.O. Box 161
8100 AD Zwolle
The Netherlands
<http://www.controlunion.com>
tel.: +31(0)38-1260100

Date of certification decision
05 August 2008

The actual status of this certificate is always displayed at <https://database.eurep.org>

CONTROL UNION CERTIFICATIONS

- Orgánica 3:

CERTIFICATE

CERTIFICATE No: C807526EU-01.2010
REGISTRATION N°: CU 807526

Field of attention:

Organic production methods
Organic EU

Issued to:

CORPORACION CHICA - GRUPO NUEVA ESPERANZA
MACHALA, ECUADOR
Project in: ECUADOR

Standard:

Regulation (EC) No 834/2007 and of Regulation (EC) No 889/2008 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs, including the amending regulations, and/or Control Union Certifications (CU) Inspection Regulations.

Valid until: 23 February 2011

Control Union Certifications declares to have inspected the unit(s), and/or product(s) of the above mentioned client, and have found them in accordance with the standards mentioned above.

This certificate covers the unit(s), and/or product(s) as mentioned in the authenticated annex of this certificate. This document has been issued on the basis of Article 29(1) of Regulation (EC) No 834/2007 and of Regulation (EC)

No 889/2008. The declared operator has submitted his activities under control, and meets the requirements laid down in the named Regulations.

This certificate is in force until further notice, provided that the above-mentioned client continues meeting the conditions as laid down in the client contract with Control Union Certifications. Based on the annual inspections that Control Union Certifications performs, this certificate is updated and kept into force.

Date of certification:

12 January 2010

Last date of inspection: 24 October 2009

Place and date of issue:

Lima, 12 January 2010



Declared by:

On behalf of the Managing Director

Mr. A. Rodríguez Araujo

Certifier

Control Union Certifications

P.O. Box 161

8000 AD Zwolle

The Netherlands

<http://www.controlunion.com>

tel: +31(0)38-4260100

Control Union Peru

Av. Dos de Mayo 1795, San Isidro,

Lima PERU

<http://www.cupera.com>

Tel. 00511-7190400

1 of 3

CONTROL UNION CERTIFICATIONS

Annex to CERTIFICATE No: C807526EU-01.2010
 REGISTRATION N°: CU 807526
 Organic production methods
 Organic EU

CORPORACION CHICA - GRUPO NUEVA ESPERANZA
 CALLEJON JAMBELI ENTRE BOLIVAR Y PICHINCHA
 MACHALA
 ECUADOR

Legally represented by: Mr. MC CHICA AVILA

This certificate covers the following PRODUCT(S) which meet(s) the criteria of the Regulation (EEC) No. 834/2007 and 889/2008 including the amending regulations, and the standards which are applicable to the below indicated status:

Organic products

Product no.	Name of product	Single/ Multi-ingredient	Processing unit(s)
P 006969	Bananas	single	PRC 006605

* parallel production of this product takes place

** organic:

in accordance with Regulation 834/2007 and 889/2008, CU standards for the production of wine and derived beverages and CU inspection regulation.

*** in conversion:

in accordance with article 62 of Regulation (EEC) No. 889/2008.

This certificate covers the following PRODUCTION UNIT(S) which meet(s) the criteria of the Regulation (EEC) No. 834/2007 and 889/2008 including the amending regulations, and the standards which are applicable to the below indicated status:

Small farmer groups

Unit no.	Name of unit	Unit ref.	Organic ** ha farmers	In conversion *** ha farmers	Products
PRD 009265	CORPORACION MANUEL CHICA AVILA	F-01	111.79 14	0.00 0	Bananas
			111.79 14	0.00 0	

Individual farmers

Unit no.	Name of unit	Unit ref.	Organic ** ha	In conversion *** ha	Products
PRD 021288	GRUPO NOBLECIULA	F-02	74.00	0.00	Bananas
PRD 021289	FINCA JOSE XAVIER	F-03	28.24	0.00	Bananas

Annex to CERTIFICATE No: C807526EU-01,2010
 REGISTRATION N°: CU 807526
 Organic production methods
 Organic EU

Unit no.	Name of unit	Unit ref.	Organic ** ha	In conversion *** ha	Products
			102.24	0.00	

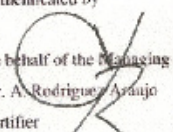
This certificate, referred to in the licensee contract as scope certificate, covers the following PROCESSING UNIT(S) and PROCESSES, which meet(s) the criteria of the Regulation (EEC) No. 834/2007 and 889/2008 including the amending regulations, and the standards which are applicable to the below indicated product category:

Processing units

Unit no.	Name of unit	Unit ref.	Address	Processes
PRC 006605	CORPORACION CHICA - GRUPO NUEVA ESPERANZA	D-01	CALLEJON JAMBELI ENTRE BOLIVAR Y PICHINCHA MACHALA, EL ORO ECUADOR	administration, export, internal control system (ICS), sales

This certificate including the annex remains property of Control Union Certifications and can be withdrawn in case of terminations as mentioned in the licensee contract, or in case changes or deviations of the above mentioned data occur. The licensee is obliged to inform Control Union Certifications immediately of any changes in the above mentioned data. Only an original and signed certificate is valid.

Date of certification:
12 Jan 2010
Place and date of issue:
Lima, 12 January 2010

Authenticated by

 On behalf of the Managing Director
 Mr. A. Rodriguez Ayaujo
 Certifier

This certificate cannot be used as guarantee certificate for delivered goods!

ANEXO C

PROCESO DE POSCOSECHA DEL BANANO



Transporte por cable



Desenfundado, desflorado, calibración



Limpieza y saneo



Desmane



Enjuague



Pesada

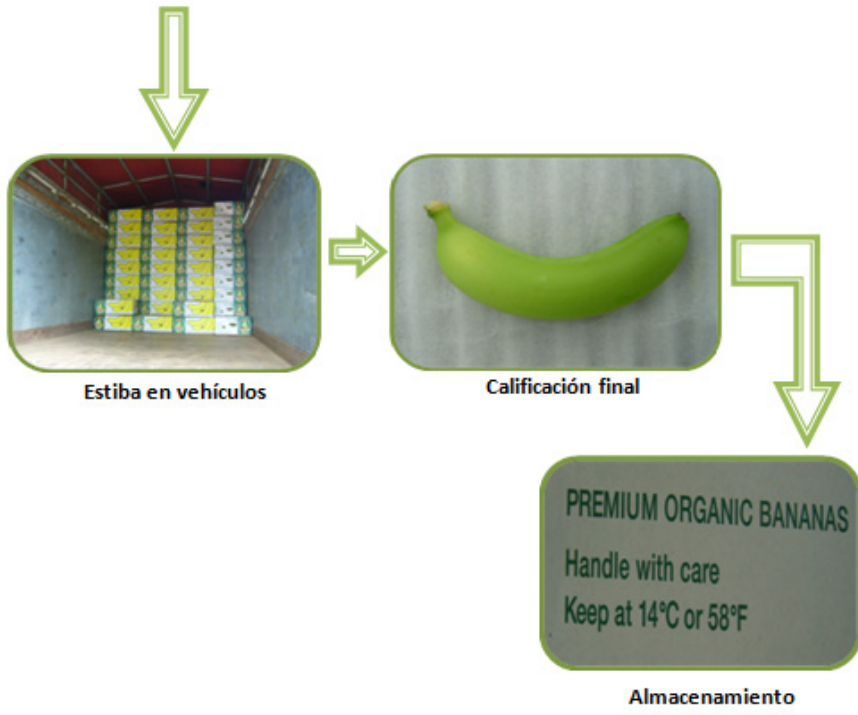


Empaque



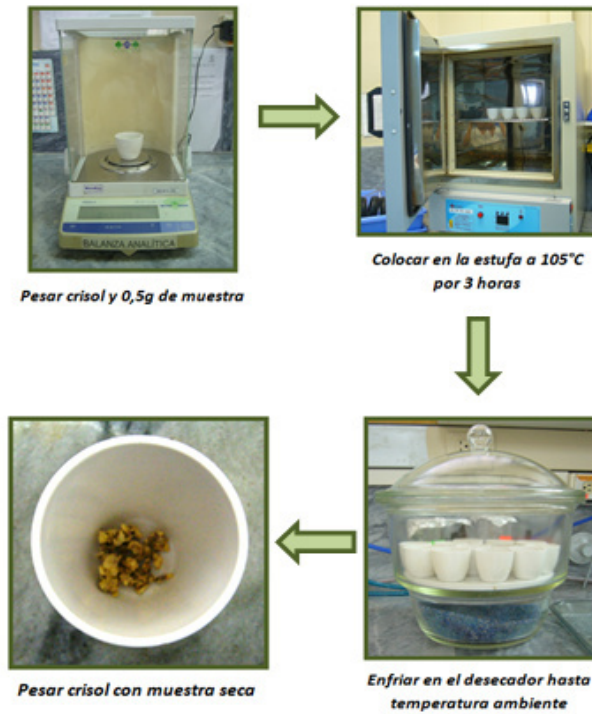
Fumigación y sellaje





ANEXO D

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



Después de este proceso se aplica las siguientes fórmulas:

$$\% MS = \frac{((\text{Peso de Crisol} + \text{Muestra Seca}) - \text{Peso de Crisol})}{\text{Muestra}} \times 100$$

$$\% \text{Humedad} = 100 - \%MS$$

Fuente: CIAT.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AEBE, Asociación de Exportadores de Banano del Ecuador, Estadística, Exportaciones mensuales del 2009, <http://www.aebe.com.ec> (consultado, enero 2010).

- [2] ALIANZAS DE APRENDIZAJE, La producción de banano orgánico se triplica en el Ecuador, <http://www.alianzasdeaprendizaje.org> (consultado, enero 2010).

- [3] BADUI S., Química de los alimentos, México, 1999, p. 48, 94, 105-106, 380-388, 419-422.

- [4] BARQUERO M., Evaluación del composteo de los desechos orgánicos (pinzote y banano de rechazo) en una plantación bananera. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1996, p. 57.

- [5] CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL, Forum de Comercio Internacional N°2, ¿Qué es la agricultura orgánica?, 2002, <http://www.forumdecomercio.org> (consultado, mayo 2010).

- [6] CEPEDA J., Fertilización con abono orgánico, Seminario Taller Internacional sobre fertilidad y nutrición en banano y plátano, Santa María, Colombia, 1993, p. 18-22.
- [7] CHÁVEZ E., “Determinación de la calidad de biofertilizantes líquidos y estudio del potencial para la inhibición de *Micospharella fijiensis* (Morelet)” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009), p. 5-9, 12.
- [8] CODEX, Norma para el banano (plátano) (CODEX STAN 205-1997), Contaminantes, <http://codexalimentarius.net> (consultado, enero 2010).
- [9] COODY L., Certification Standards and Procedures Manual for Oregon Tilth, First Edition, Published by Oregon Tilth Inc. Oregon, 1994.
- [10] DADZIE B. K. y ORCHARD J. E., Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos, Guía Técnica INIBAP 2, 1997, p. 10 – 13, 29, 30.
- [11] EL COMERCIO, El banano orgánico amplía su mercado, 2009, <http://elcomercio.com> (consultado, enero 2010).

- [12] FAED: Federación de Agricultura del Estado de Paraná, Horticultura, <http://www.faep.com.br> (consultado, enero 2010).
- [13] GARCÉS H., "Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*musa acuminata*) y plátano (*musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2010), p. 87, 88.
- [14] GARCÍA R, GUIJARRO R. y MILIÁN O., Empleo de fuentes alternativas de fertilizantes para la producción de banano y plátano en Cuba. En: Memorias de Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable, EATH, Guácimo, Costa Rica, 1998, p. 92.
- [15] GIBERT O., DUFOUR D., GIRALDO A., SÁNCHEZ T., REYNES M., PAIN JP., GONZÁLEZ A., FERNÁNDEZ A. and DÍAZ A., Differentiation between Cooking Bananas and Dessert Bananas. 1. Morphological and Compositional Characterization of Cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.) in Relation to Consumer Preferences, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009.

- [16] HUDSON J. y BUESCHER R., Relationship between degree of pectin methylation and tissue firmness of cucumber pickles, J. Food Sci., 1986, p. 138.
- [17] LAHAV E. y TURNER D., Fertilización del banana para rendimientos altos. Segunda edición, Boletín N°7, Instituto de la potasa y el fósforo, Quito, 1992, p. 71.
- [18] LÓPEZ A., Fertilización convencional del cultivo de banano en Costa Rica y su relación con la producción sostenible. En: Memorias de Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable, EATH, Guácimo, Costa Rica, 1998, p. 63-76, 78.
- [19] LÓPEZ A., FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, Capítulo 1: Cosecha, 2003, <http://www.fao.org> (consultado, enero 2010).
- [20] ORDÓÑEZ A., "Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005), p. 3, 72.

- [21] OROZCO J., Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo de banano. En: Memorias de Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable, EATH, Guácimo, Costa Rica, 1998, p. 82-87.
- [22] QUITO D., “Estudio Comparativo de dos Biofertilizantes Líquidos en Condiciones in vitro e Invernadero en Plantas de Banano y su Efecto en el Desarrollo de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet)” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007), p. 3, 4, 9-11.
- [23] RIDDLE J. y FORD J., Organic Inspector Manual, Independent Organic Inspectors Association (IOIA), Minnesota, USA, 1995.
- [24] RIOFRÍO J., Manejo Post Cosecha del Banano y Plátano, Tomo III, Guayaquil, 2003, p. 34, 57-64, 89, 128, 168.
- [25] ROWE P., Mejoramiento de banano y plátano resistentes a plagas y enfermedades. En: Memorias de Producción de banano orgánico y, o, ambientalmente amigable, EATH, Guácimo, Costa Rica, 1998, p. 56-62.
- [26] RUIZ F., Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica, Primer Foro Nacional sobre Agricultura

Orgánica, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D.F., 1996, p. 23-47.

[27] SICA, Agronegocios, Biblioteca virtual, El cultivo del banano, <http://www.sica.gov.ec> (consultado, enero 2010).

[28] SICA, Agronegocios, Cadenas agroindustriales, Banano, Estadísticas, Estructura productiva del cultivo de banano, 2007, <http://www.sica.gov.ec> (consultado, enero 2010).

[29] SUQUILANDA M., Agricultura orgánica, Cayambe, Ecuador, 1996, p. 46.

[30] VITADELIA, Bananas, algunas características y propiedades, 2008, <http://www.vitadelia.com> (consultado, enero 2010).

[31] WILLS R., LEE T., McGLASSON W., HALL E. y GRAHAM D., Fisiología y Manipulación de frutas y hortalizas post-recolección, Editorial ACRIBIA S.A., Zaragoza, España, p. 9, 20-25, 37-39.

[32] WILLS R., McGLASSON B., GRAHAM D. y JOYCE D., Postharvest: An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals, 4th Edition, 1998, p. 25.