

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR CATALÍTICO DE ETILENO
PARA LA MADURACIÓN DE FRUTAS CLIMATÉRICAS BANANO (*Musa AAA
cavendish*) Y MANGO (*Manguifera indica*), ENFOCADO A LOS
REQUERIMIENTOS DEL MERCADO LOCAL.**

**WILSON ANTONIO RODRÍGUEZ MÁRQUEZ
MIGUEL ESTEBAN VILLALOBOS RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTA MARTA D.T.C.H
2008**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR CATALÍTICO DE ETILENO
PARA LA MADURACIÓN DE FRUTAS CLIMATÉRICAS BANANO (*Musa AAA
cavendish*) Y MANGO (*Manguifera indica*), ENFOCADO A LOS
REQUERIMIENTOS DEL MERCADO LOCAL.**

**WILSON ANTONIO RODRÍGUEZ MÁRQUEZ
MIGUEL ESTEBAN VILLALOBOS RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR
EDUARDO CABRERA DURAN
INGENIERO PESQUERO
*ESPECIALISTA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE ALIMENTOS***

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTA MARTA D.T.C.H
2008**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Santa Marta Noviembre del 2008

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a mi DIOS todo poderoso que me ha brindado la fortaleza de asumir los retos que he tenido que afrontar y por guiarme siempre por el camino del bien.

A mis padres quienes con su esfuerzo, forjaron junto a mí este triunfo. MIGUEL ÁNGEL VILLALOBOS Y MARIA ELVIA RODRÍGUEZ

A mis hermanos, DIANA, IVÁN, EILEEN Y GERMAN, que me apoyan y han estado siempre pendiente de la consecución de esta meta, que representa un triunfo para todos. Gracias mis queridos hermanos.

A todos mis familiares y amigos que de alguna u otra manera me colaboraron desinteresadamente y estuvieron pendientes de mí, para alcanzar este triunfo. Gracias.

A mi novia, amiga y futura esposa ADRIANA CAROLINA MOLINA CARRILLO, quien nunca deja de animarme y me ayuda a concentrarme en el camino que debo recorrer. Por sus consejos, apoyo y amor, te has convertido en uno de los pilares fundamentales de mi vida, gracias por estar a mi lado cuando lo he necesitado. TE AMO.

MIGUEL ESTEBAN VILLALOBOS RODRÍGUEZ

DEDICATORIA

Dedico este triunfo, en primer lugar al Señor mi Dios que me dio salud y sabiduría para lograr llegar a este momento tan anhelado en mi vida.

A mis Padres Wilson Rodríguez Sierra y Yadira Márquez Mejía, por su apoyo en todo momento, por mantenerme siempre en el camino del bien, Por enseñarme a ser una persona tolerante para poder afrontar los problemas que se me puedan presentar, de una manera madura y por ser parte de este proyecto que hoy se hace realidad.

A mis hermanos Isaac, Lidys y Jair por inculcarme ese espíritu competitivo que me hace siempre tener ganas de seguir adelante en todo momento y buscar siempre ser mejor y así poder cumplir mis metas.

A todos mis familiares y amigos por confiar siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mi esposa Levis Parejo Barrera por brindarme ese amor incondicional que me hace muy feliz, por su apoyo y comprensión, por mantenerse a mi lado en todo momento.

A mi hijo Cristian Rodríguez Parejo por brindarme tanta felicidad y ser el motivo más grande para seguir adelante.

A mi compadre, compañero y amigo, Miguel Villalobos Rodríguez que estuvo a mi lado siempre y fue parte fundamental para la consecución de esta meta.

WILSON RODRÍGUEZ MÁRQUEZ

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a nuestro DIOS, por permitirnos estar logrando en estos momentos uno de nuestros maravillosos sueños y permitirnos compartirlo con todas las personas que hicieron posible este triunfo.

De igual manera a los docentes que durante nuestra actividad académica aportaron sus conocimientos y enseñanzas, como también a todos los colaboradores del programa de INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Además, expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

INGENIERO EDUARDO CABRERA, por creer en nosotros, aportar su conocimiento para la consecución de este triunfo.

INGENIERO RAFAEL GARCÍA, por sembrar la semilla, que diera fruto a este proyecto y por su colaboración y apoyo.

INGENIERO VÍCTOR MACÍAS. Por su aporte y apoyo significativo que enmarcó la culminación exitosa de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	9
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3	ESTADO DEL ARTE O DE DESARROLLO	11
4	IMPACTO ESPERADO	17
5	MARCO TEÓRICO	17
1	LAS FRUTAS Y HORTALIZAS.....	18
5.1.1	<i>Valor nutritivo</i>	<i>18</i>
5.1.2	<i>Tipos de frutas y hortalizas.....</i>	<i>18</i>
5.1.3	<i>Fisiología de frutas y hortalizas.....</i>	<i>18</i>
5.1.4	<i>Respiración</i>	<i>21</i>
5.1.5	<i>Transpiración.....</i>	<i>21</i>
5.1.6	<i>Efectos de la humedad</i>	<i>22</i>
5.1.7	<i>Producción De Etileno.....</i>	<i>22</i>
2	ESTRUCTURA Y ESTADO DEL PRODUCTO	23
5.2.1	<i>Efectos de la Temperatura</i>	<i>24</i>
5.2.2	<i>Heridas y machucones.....</i>	<i>25</i>
5.2.3	<i>Ventilación.....</i>	<i>26</i>
3	MADURACIÓN DE LAS FRUTAS	26
4	MADUREZ DE COSECHA	27
5.4.1	<i>Madurez Fisiológica.....</i>	<i>27</i>
5.4.2	<i>Madurez Comercial</i>	<i>28</i>
5	FRUTAS CLIMATÉRICAS Y NO CLIMATÉRICAS	31
6	ETANOL	35
7	ETILENO C ₂ H ₄	36
5.7.1	<i>¿Qué es el Etileno?</i>	<i>37</i>
5.7.2	<i>Origen.....</i>	<i>37</i>
5.7.3	<i>Efectos Y Consecuencias</i>	<i>37</i>
8	CAMBIOS ASOCIADOS CON LA MADUREZ	39
5.8.1	<i>PLAGAS Y ENFERMEDADES.....</i>	<i>40</i>
5.8.2	<i>Prevención y control de enfermedades</i>	<i>41</i>
5.8.3	<i>Hora de cosecha</i>	<i>42</i>
5.8.4	<i>Factor ambiental.</i>	<i>42</i>
9	GENERALIDADES DE LAS FRUTAS A MADURAR CON EL GENERADOR CATALÍTICO DE ETILENO	48
5.9.1	<i>Bananas (Musa AAA cavendish)</i>	<i>48</i>
5.9.2	<i>MANGO</i>	<i>56</i>
6	JUSTIFICACIÓN	64
7	OBJETIVOS DEL PROYECTO	65
1	GENERAL	65
2	ESPECÍFICOS	65
8	METODOLOGÍA.....	66

9	ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE MADURACIÓN DE FRUTAS EN LAS EMPRESAS LOCALES (FASE I)	68
10	ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS Y MÉTODOS DE MADURACIÓN CON ETILENO. (FASE II) 73	
11	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR CATALÍTICO DE ETILENO, ENFOCADO A LOS REQUERIMIENTOS DEL MERCADO LOCAL. (FASE III)	77
	11.3.1 <i>SUMINISTRO DE ETANOL (ALCOHOL ETÍLICO)</i>	82
	11.3.2 <i>CIRCUITO ELECTRÓNICO</i>	82
	11.3.3 <i>SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DEL ETANOL</i>	84
4	MANUAL DE OPERACIONES.	86
5	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL GENERADOR DE ETILENO.	87
	11.5.1 <i>Recomendaciones previas</i>	87
	11.5.2 <i>Rutina de Mantenimiento Preventivo</i>	88
12	PRUEBAS DE MADURACIÓN, PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR	89
	12.1.1 <i>Determinación de los grados Brix</i>	93
	12.1.2 <i>Determinación de porcentaje de acidez</i>	93
	12.1.3 <i>Determinación de grasa</i>	93
	12.1.4 <i>Determinación de humedad</i>	94
	12.1.5 <i>Determinación de proteínas</i>	94
	12.1.6 <i>Determinación de carbohidratos</i>	95
13	RESULTADOS Y DISCUSION	97
14	EVALUAR LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, PARA LA CONSTRUCCIÓN Y USO DEL GENERADOR. (FASE V)	99
15	PRESUPUESTO	100
	CONCLUSIONES	102
	BIBLIOGRAFÍA	105
16	ANEXOS	107

1 PRESENTACIÓN

En este proyecto se diseñó un generador catalítico de etileno para la maduración acelerada de frutas climatéricas como lo son: el Banano (*Musa AAA cavendish*) y el Mango (*Manguifera indica*), además un estudio de factibilidad financiera para la construcción del mismo.

Este generador producirá etileno, el cual es una hormona natural de maduración que afecta el crecimiento, desarrollo, maduración y envejecimiento de todas las plantas. Normalmente es producido en cantidades pequeñas por la mayoría de las frutas y vegetales. Al exponer las frutas a grandes cantidades de etileno resulta una maduración uniforme y acelerada.

De igual forma se pretende conseguir la metodología adecuada que nos permita optimizar la construcción del generador, para ello investigamos que componentes poseen las mejores características físicas y químicas para ser ensambladas en nuestro generador.

Posteriormente de su construcción se realizaron una serie de pruebas y ajustes los cuales permitieron evaluar variables que afectan de una u otra manera los procesos de maduración de frutas, a fin de estandarizar las cantidades óptimas de etileno que se deben producir según la capacidad del cuarto o la bodega de maduración.

Este sistema también puede ser utilizado para la adecuación de frutas no climatéricas, como la naranja y el limón, producido en la costa atlántica, que no puede ser comercializado en los mercados internacionales por no poseer una pigmentación adecuada, siendo que estas poseen un mayor grado de azúcares y cítricos. A través de la exposición al etileno, se puede alcanzar el punto deseado y exigido en dichos mercados.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tendencia y la realidad del mercado actual, imponen la necesidad de utilizar equipos que permitan la estandarización de los procesos, en búsqueda de productos de calidad; además que posean una alta intercambiabilidad y una estructura de costos razonable.

Bajo estos criterios es importante evaluar ¿Que tan encaminado se está a cumplir con las exigencias de los mercados globales?, y ¿Que tan competitivo se es?, en nuestro caso en los procesos de maduración de frutas.

El mercado local de maduración de frutas se basa en técnicas artesanales, poco tecnificadas, en consecuencia surge la necesidad de utilizar métodos que permita acelerar el proceso de maduración natural de las frutas climatéricas, de forma controlada y dar a las no climatéricas las características exigidas por los mercados internacionales.

Dado lo anterior se concibió analizar la viabilidad técnica y económica de maduración a través de la aplicación de Etileno, diseñando un generador que reuniera características físicas y químicas adecuadas, permitiendo un aumento en la producción, a un costo razonable, logrando una disminución significativa en los costos directos de fabricación y aumentar la calida de los productos.

Por otra parte este proyecto tuvo como finalidad obtener resultados a corto plazo, pero que a su vez sirva como base para realizar nuevas investigaciones que permitan lograr una mejora continua en los procesos de maduración y adaptación de frutas para su comercio.

3 ESTADO DEL ARTE O DE DESARROLLO

Colombia esta situada en una zona geográfica que goza de un medio ambiente adecuado para la producción de un gran numero de especies de frutas tropicales, razón por la que sus habitantes se inclinan hacia el consumo de fruta fresca. Es así como el país se convierte en un productor de banano a gran escala en la Costa Atlántica y Pacífica, destinando la mayor parte de su producción a la exportación, generando los excedentes llamados “rechazos”.

Este rechazo es llevado al mercado nacional como fruta fresca a precios relativamente bajos presentando gran demanda entre los habitantes y el sector agroindustrial, encontrando diversas alternativas de utilización para este, entre las cuales se encuentran el Bocado de Banano, un producto cuya producción y comercialización a nivel nacional e internacional puede generar ventajas competitivas para el desarrollo del manejo de perecederos en el país; además asegurar la supervivencia de la empresa a largo plazo.

IMPORTANCIA DE LAS FRUTAS¹

Una fuente importante de nutrientes para los seres humanos y los animales, la ha constituido, desde siempre, los alimentos de origen vegetal, que son aportantes de los carbohidratos necesarios en la dieta tales como azúcares, almidones y fibras.

Así, mismo, las frutas aportan agua, enzimas, minerales, vitaminas y otros compuestos que son importantes en el mantenimiento de la salud. Es así por lo que hoy la medicina y la nutrición recomiendan incluir en la dieta porciones apreciables de frutas, hortalizas y granos con el fin de equilibrar el consumo de alimentos de origen animal.

Por otro lado, con base en sus niveles de agua y acidez, los vegetales son clasificados como alimentos de diferentes grados de perescibilidad entre más agua posean y pH más cercano a la neutralidad, más propensos son al rápido deterioro, sobre todo por causas de origen microbiológico.

Es así, que el contenido en agua de los vegetales oscila entre 12% (en los cereales) y un 95% (en las hortalizas de hojas o en algunas frutas como la patilla). El pH en las frutas varía entre 2.5 y 4.5. En los demás vegetales se aproxima a la neutralidad (pH 6.0-7.0).

La perescibilidad de las frutas en parte se debe a su contenido de agua y sólido soluble, representados en azúcares que varían entre 6 y 25% (expresado en sacarosa), el manejo inadecuado o un grado avanzado de madurez en las frutas favorecen la contaminación microbiológica, no patógena para el consumidor

¹ FUNDAMENTOS DE LA CONSERVACION DE FRUTAS
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/fundam/p1.htm>

promedio, debido a la dificultad del desarrollo de flora peligrosa en un medio por pH muy ácido, es decir menor a 4.0, en comparación con el resto de alimentos.

Desde el punto de vista de producción de frutas, en Colombia es insuficiente. Cada habitante está en disponibilidad de consumir solo el 34% de la cantidad mínima de fruta recomendada por el I.C.B.F, es decir, que cada Colombiano debería consumir 120 Kg. de fruta al año para satisfacer los requerimientos mínimos nutritivos recomendados, pero la producción total actual de frutas en el país solo permite un consumo promedio per. Cápita de 40 Kg.

El problema es mayor debido a que las frutas cultivadas presentan un pérdida del 30%, por las más diversas razones se queda en el camino antes de llegar al consumidor final.

Ante esta situación, es urgente disminuir dichas perdidas para contribuir con el incremento de la disponibilidad y consumo de frutas sanas, nutritivas y agradables, en lo posibles con precios accesibles para la mayoría de la población.

La disminución de estas perdidas puede lograrse mediante un mejor manejo post-cosecha y destinando parte de la producción a la conservación en fresco o transformación de frutas mediante técnicas apropiadas².

IMPORTANCIA DE CONSERVAR LAS FRUTAS

La humanidad desde tiempos inmemoriales encontró razones de importancia que lo impulsaron a producir y conservar aquellos alimentos que no podían consumir en forma inmediata y completa luego de la cosecha. Quizás algunas de estas razones fueron:

- ✓ Por ser las frutas alimentos vitales para la conservación y desarrollo de la especie.
- ✓ Por que al prolongar la vida útil se incrementaban su disponibilidad y consumo.
- ✓ Por que así se protegía de otras especies que también competían por su consumo.
- ✓ Por que facilitó alimentar de manera variada amplias poblaciones aún alejadas de los sitios de cultivos en formas simultaneas.
- ✓ Por ser fuente de seguridad nacional, de trabajo para diferentes grados de capacitación y de amplias posibilidades de mercadeo a nivel nacional e internacional.
- ✓ Por que la ahorran tiempo y esfuerzo al consumidor y a la vez le dan placer y bienestar

² FUNDAMENTOS DE LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/fundam/p1.htm>

- ✓ Por que es posible aplicar técnicas de conservación que le mantienen su alta calidad sensorial y nutricional a costos razonables
- ✓ Por que permite estabilizar el suministro y los precios de los diferentes vegetales estacionales
- ✓ Por que permite disponer en cualquier lugar y en cualquier momento de cantidades suficientes de los alimentos sometidos a conservación

PORQUÉ SE DAÑAN LAS FRUTAS³

El deterioro de las frutas comienza en el cultivo, en la misma planta donde se desarrolla. Son innumerables y variadas las plagas que las invaden, aparte de los depredadores como los pájaros, insectos y otras especies que compiten con el hombre por el consumo de estos productos.

Una vez cosechadas, las frutas sanas, pintonas o maduras, como todo ser vivo, están sometidas a procesos naturales de deterioro y descomposición progresivos, acelerados por el inadecuado manejo que puede realizarse durante las operaciones de poscosecha. Tal manejo favorece reacciones fisiológicas de deterioro, y en la mayoría de los casos facilita la contaminación microbiana.

Se puede afirmar que los microorganismos (MO) son la principal causa de deterioro grave y rápido que pueden dañar la fruta en cualquier momento de su vida, ya que ellos producen daños irreversibles en aquellas, fácilmente detectados en el cambio producido en una o mas de sus características sensoriales: Apariencia, aroma, color, sabor y textura.

El tipo de MO invasor y la velocidad de desarrollo en las frutas o sus derivados, están determinados por condiciones diversas relacionadas con las condiciones ambientales y las características propias de los materiales alimenticios.

Los MO se desarrollan en medios que les son más favorables y les son disponibles.

Entre las principales condiciones internas del alimento que influyen en el desarrollo microbiano: contenido de humedad(o mejor, la disponibilidad del agua, Aw), acidez y pH, capacidad tampón (buffer), potencial de oxireduccion (Eh), composición nutricional, grado de madurez, presencia de contribuyentes antimicrobianos y su estructura.

Las condiciones externas al alimento que influyen en el desarrollo de MO son: Temperatura, humedad relativa, composición de la atmósfera o del medio que

³ FUNDAMENTOS DE LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/fundam/p2.htm>

rodea al alimento, el grado de contaminación, flora o presencia de agentes depredadores circundantes y radiaciones.

En todos los casos, el grado de daño por MO en las frutas esta en proporción exponencial al tiempo en que permanezca sometida a las anteriores condiciones, que favorecen la contaminación y deterioro.

En la Región Caribe Colombiana, el cultivo de banano se encuentra altamente desarrollado; sin embargo, el “excedente bananero” generado, es decir, frutas que por defectos externos, como: ralladuras, manchas, tamaño y peso no ideales o maduración no esperada, enfermedades fitosanitarias no reúnen las condiciones del mercado internacional, y se ha constituido en un problema debido a que, para el productor este banano es una carga onerosa que no le reporta ningún beneficio y si por el contrario debe pagar su transporte ya que si este es dejado, al descomponerse se convierte en un cultivo de bacterias y mosquitos. El problema radica en que al trasladar el rechazo, se traslada el problema ecológico, sin una solución evidente.

Por este motivo, se han realizado múltiples esfuerzos encaminados a aprovechar este tan importante recurso, como materia prima para la elaboración de productos procesados para consumo humano y animal.

A través del procesamiento industrial de los excedentes generados en el cultivo de banano, es posible obtener una variedad considerable de productos alimenticios, entre los cuales se pueden citar: Puré de Banano, Harina de Banano Verde, Hojuelas, Jaleas, Mermeladas, Vinagre, Deshidratados y Bocado de Banano entre otros. En igual circunstancia, aunque en menor grado de significación, se encuentran la producción de Mango (*Manguifera indica*). Esta fruta también puede ser transformada en productos alimenticios para consumo humano, principalmente pastas o bocadillos.

En Colombia se han llevado a cabo diversos estudios sobre el procesamiento del banano, y la comercialización de la fruta como tal a cargo de instituciones tecnológicas, universidades y demás entes relacionados con este cultivo. Sin embargo, son muchos los estudios realizados sobre la utilización del excedente bananero y la comercialización de los productos obtenidos del procesamiento de este. En la Región Caribe Colombiana solo un mínimo porcentaje del rechazo bananero es utilizado en la elaboración del banano deshidratado (banano paso)⁴.

La industria alimentaría en Colombia y específicamente, el subsector que demanda y procesa frutas presento un gran dinamismo durante la década de los noventa, muy superior al promedio de la industria en su conjunto. En 1998, el 65.3% de los establecimientos de la industria alimentaría nacional demando fruta

⁴ Producción y comercialización nacional e internacional de bocadillos de frutas tropicales.
CABRERA Eduardo. Ingeniero Pesquero. Especialista en Ciencias y Tecnologías de los Alimentos.

en estado fresco o procesada para la fabricación de sus productos y aportó el 48.2% del valor de la producción de la industria alimentaria del país. A finales de la década pasada, la demanda industrial de frutas frescas alcanzó un volumen superior a las 70.000 toneladas, además de las 17.700 toneladas de fruta con algún grado de procesamiento. El valor pagado por estas materias primas a precios del 2000, ascendió a cerca de 100.000 millones de pesos⁵

Por otro lado, el Centro de Investigaciones y Tecnología de Alimentos (CITA)⁶ de la Universidad de Costa Rica, tomó como una de sus metas principales el desarrollo de productos que garantizaran la completa utilización de la cosecha bananera y pudieran ser elaborados por industrias de pequeña escala pretendiendo con esto combinar el impacto económico con el social. Desde hace más de un año, profesionales del CITA han estudiado el sin número de posibilidades del banano de rechazo, que permite dar interesantes opciones a la dieta de los consumidores.⁷

Otra de las ventajas de esta investigación, es que los procedimientos de elaboración de estos alimentos podrían ayudar a crear cooperativas o microempresas para la comercialización no solo a nivel nacional sino internacional.

De la misma manera, en el Ecuador se han buscado alternativas que den empleo al excedente bananero, generando las bases para la creación de empresas productoras y comercializadoras de productos obtenidos del rechazo; entre ellos el Bocado de Banano⁸.

En Centroamérica, gran parte del banano que no se exporta, es utilizado por la empresa de Alimentos Infantiles Gerber, en la producción de purés y compotas.

En Colombia el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT), una entidad sin ánimo de lucro, dedicada a la investigación aplicada, al desarrollo y aprovechamiento de productos agrícolas y recursos naturales, ha desarrollado trabajos y realizado propuestas de investigación sobre la utilización del banano y el plátano⁹, entre estas propuestas de estudios se encuentra la producción de

⁵ PERFETTI DE CORAL, Juan José. Director Ejecutivo. Perfil del Producto. Frutas Procesadas. Corporación Colombia Internacional. Bogotá, Colombia 2000.

⁶ AGUILAR, Hernando. Ingeniero. Centro de Investigaciones y Tecnología de Alimentos (CITA). Posibilidades de Utilizar el Rechazo Bananero. 1999

⁷ TORRES, María de los Ángeles. Investigadora. Centro de Investigaciones y Tecnología de Alimentos (CITA). 2002.

⁸ CHAVEZ, Raúl. Centro de Investigación y Tecnología de Alimentos (CITA). Posibilidades de Empleo del Excedente Bananero.

⁹ DÍAZ DELGADO, Daniel. Subdirector de Investigaciones. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Bogotá, Colombia. 1997.

mermelada y bocadillo a partir del banano y el plátano, con el fin de aumentar su consumo en los mercados internos y de exportación.

La maduración comercial de frutas se lleva a cabo de diferentes formas, En general el proceso se basa en la aplicación de etileno y en el control de condiciones de ventilación, temperatura y humedad para regular la velocidad de maduración. Existen dos fuentes comerciales de etileno a saber:

Etileno gaseoso en cilindros presurizados, este requiere mucho más sofisticación en el diseño de equipos, requiere más destreza de los operarios que realizan la aplicación, sin embargo puede resultar económico y hay cierta tendencia a que se obtenga una maduración uniforme. El etileno en gas permite seleccionar una gama de dosis prácticamente infinita.

Otra forma de obtener etileno, es a través Generadores Catalíticos, este sistema consiste en la deshidratación de etanol en presencia de agentes catalíticos, empleando un equipo diseñado al efecto. El equipo consiste básicamente en un dosificador de goteo, la solución de alcohol y catalizadores gotea sobre un plato de acero caliente (250-300° C), al calentarse la mezcla en alcohol se deshidrata y forma etileno y agua. El sistema es sencillo y requiere poca destreza para su uso. Las marcas comerciales de generadores catalíticos ofrecen generadores específicos para frutas en los que la cantidad de alcohol deshidratado es fija en función del tiempo y se diseñan para cuartos capaces de albergar (4000 cajas aproximadamente). Otros diseños permiten seleccionar dosis y ciclos de tiempo que dan alguna flexibilidad en la selección de tratamientos.¹⁰

En ambos casos el diseño de las instalaciones debe asegurar que hay cierto grado de hermeticidad en las cámaras de tratamiento, para evitar fugas de etileno. Que exista un sistema adecuado de circulación de aire que permita uniformar la concentración de etileno en aire para toda la cámara.

¹⁰ XVI REUNIÓN INTERNACIONAL ACORBAT 2007

4 IMPACTO ESPERADO

Luego de la construcción e implementación de este equipo, los productores podrán acceder a un procedimiento de maduración de frutas, mucho más eficaz y rentable, que en la actualidad resulta costoso por el abultado costo de estos equipos.

También permitirá la adecuación de frutas no climatéricas, como la naranja (*Citrus aurantium L.*) y el limón (*Citrus medica L.*), producido en la costa Atlántica, que no puede ser comercializado por su pigmentación.

Impactos Esperados:

Impacto esperado	Plazo (años) después de finalizado el proyecto: corto, mediano, largo	Indicador verificable
Empresas locales interesadas en utilizar el diseño, par la maduración de frutas Climatéricas	Corto y Mediano	Nº Empresas interesadas Impacto
		<5 Bajo
		5-10 Bueno
		>10 Alto

Tabla 1, Impactos esperados

5 MARCO TEÓRICO

1 LAS FRUTAS Y HORTALIZAS¹¹

5.1.1 Valor nutritivo

Las frutas y hortalizas frescas son ingredientes vitales de la dieta ya que aportan a los alimentos, variedad, sabor, interés, atracción estética y porque satisfacen ciertas necesidades nutricionales. La vitamina C (Acido ascórbico) es un nutriente importante presente en frutas y hortalizas porque el organismo humano no es capaz de sintetizarla. Las frutas y hortalizas pueden ser fuentes importantes de carbohidratos, minerales, proteínas y otras vitaminas. Algunas enfermedades que se presentan en las personas con un alto nivel de vida, han sido relacionadas con insuficiencia de fibra cruda en la dieta, ocasionada por el consumo de frutas y hortalizas procesadas y / o transformadas, por ende con bajo contenido de fibra o simplemente por no consumir suficientes frutas y hortalizas frescas.

5.1.2 Tipos de frutas y hortalizas

Comparadas con los otros alimentos, las frutas y hortalizas se caracterizan por una extrema diversidad de tamaño, forma, estructura y fisiología (Figura 1). Esta diversidad es el resultado de la evolución y de la selección natural, por supuesto algo es debido a los programas de cruzamiento en que las porciones comestibles han sido acentuadas.

Las frutas y hortalizas se cultivan en todo el mundo bajo muy diversas condiciones climáticas y ambientales; poseen características estructurales y fisiológicas propias que les permiten desarrollar sus funciones normalmente bajo las condiciones de crecimiento para las cuales están adaptadas.

5.1.3 Fisiología de frutas y hortalizas

Las frutas y hortalizas son plantas vivas que durante su crecimiento muestran todas las características propias de la vida vegetal (ej.: respiración, transpiración, síntesis y degradación de metabolitos y posiblemente también la fotosíntesis). El enverdecimiento y brote de las papas almacenadas, el crecimiento de la raíz y la aparición de brotes en cebollas y ajos almacenados, son algunas de las manifestaciones de vida fácilmente visibles después de la cosecha. El espárrago si se almacena en posición horizontal se curva hacia la vertical arruinando su valor de mercado.

¹¹ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

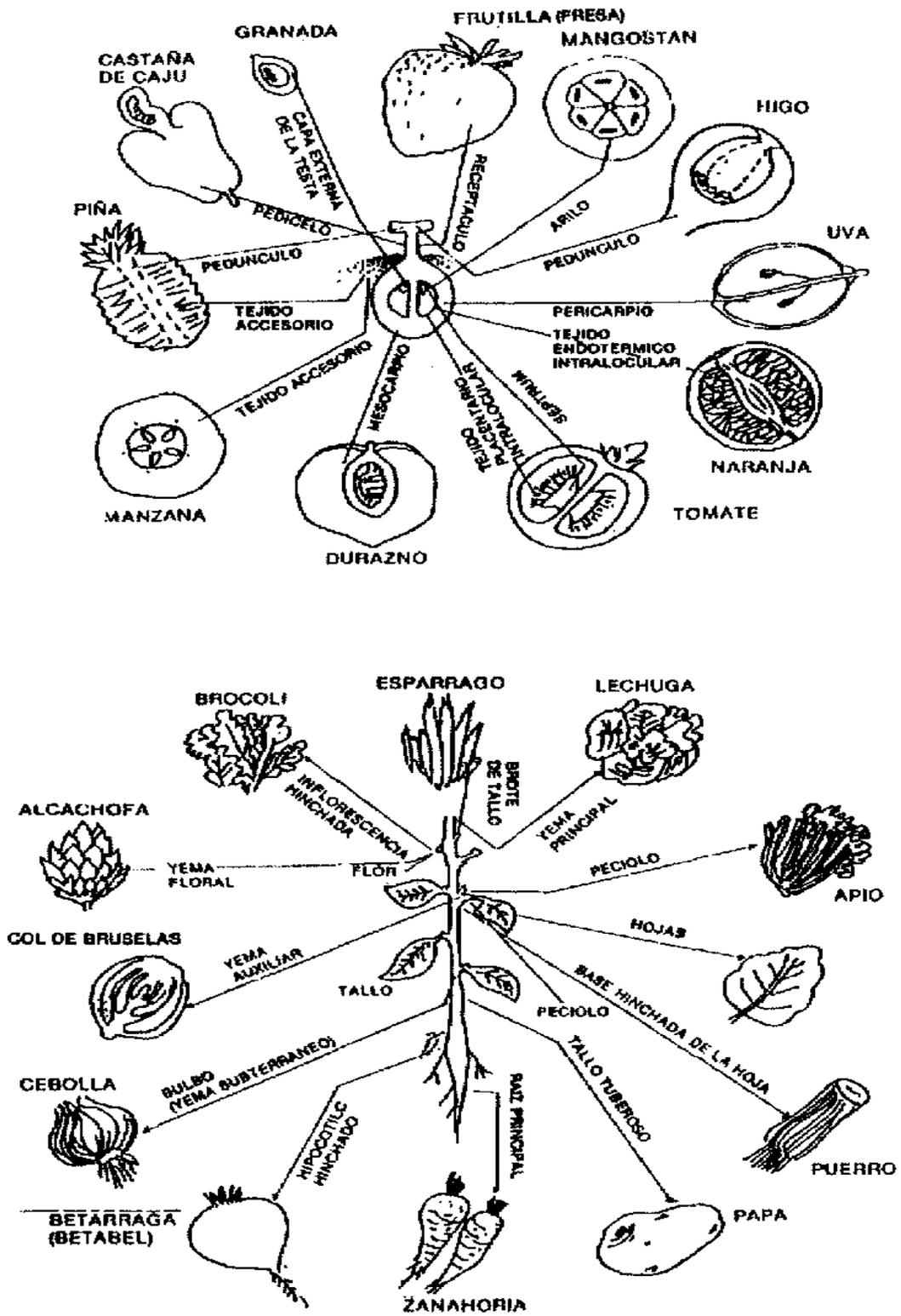


Figura 1, Diversidad de tamaño, forma y estructura en frutas y hortalizas. (Reproducido de Will, R.H.H. et al, (1981))

Durante la cosecha, las frutas y hortalizas se separan de su fuente natural de agua, nutrientes minerales y orgánicos, pero continúan viviendo como se puede observar en la figura 2, Obviamente este estado no puede durar indefinidamente, estando relacionado con el envejecimiento y muerte de los tejidos, lo cual depende de numerosos factores:

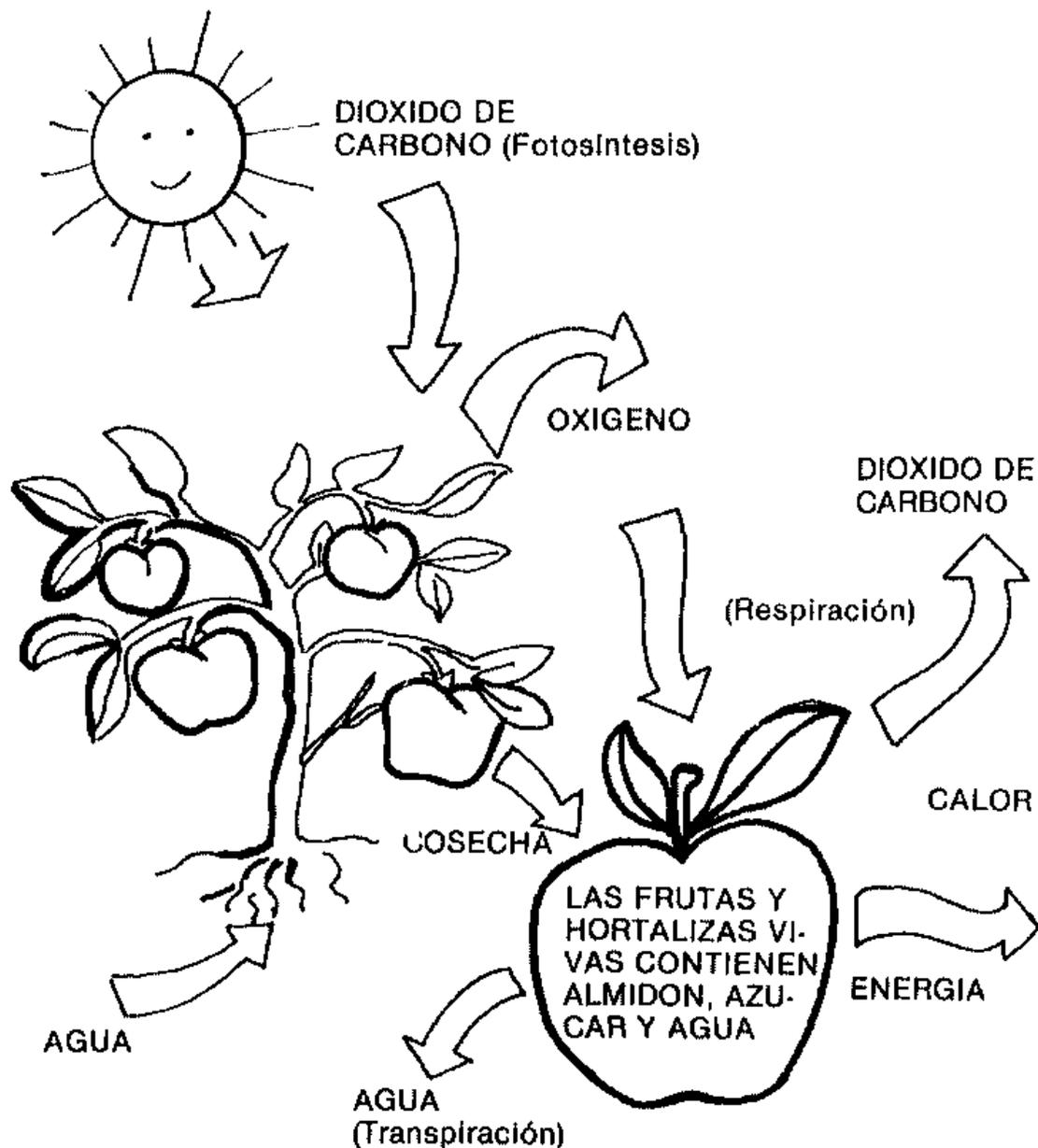


Figura 2, Las frutas y hortalizas órganos vivos de plantas antes y después de la cosecha¹²

¹² Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

5.1.4 Respiración

Las frutas y hortalizas frescas necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para sus procesos vitales. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono, tal como lo hacen el hombre, los animales y otros organismos. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos. Una vez cosechado, el producto no puede reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen ser un factor de gran importancia en la duración de la vida de poscosecha del producto.¹³

La respiración es necesaria para la obtención de energía, pero parte de esa energía produce calor que debe ser disipado de alguna manera, o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. En la etapa de crecimiento este calor es transmitido a la atmósfera, pero después de la cosecha y cuando el producto es empacado en un espacio confinado, la eliminación del calor puede dificultarse. La importancia de la disipación del calor del producto fresco reside en el hecho que la respiración consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, cuya velocidad aumenta al incrementar la temperatura. En consecuencia, una vez que el producto comienza a calentarse, se estimula aun más la respiración y el calentamiento y de este modo se vuelve muy difícil de controlar la temperatura del producto.¹⁴

5.1.5 Transpiración

La permanencia de frutas y hortalizas a temperatura ambiente después de haber sido recolectadas y haberse así interrumpido la absorción de agua a través de la planta, facilita la transpiración y en consecuencia la pérdida de agua en estado vapor, con la consiguiente pérdida de peso.¹⁵

Las frutas y hortalizas frescas se componen principalmente de agua (80% o más) y en la etapa de crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta. Con la cosecha, este abastecimiento de agua se corta y el producto debe sobrevivir de sus propias reservas. Al mismo tiempo que ocurre la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración. La atmósfera interna de frutas y hortalizas está saturada con vapor de agua, pero a la misma temperatura el aire circundante está menos saturado. Existe pues un gradiente a lo largo del cual el vapor de agua se mueve desde el

¹³, ¹⁴, Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

¹⁵, Tecnología De Alimentos, Procesos de Conservación de Alimentos, A. CASP Y J. ABRIL

producto al aire que lo rodea. Una esponja mojada pierde agua hacia la atmósfera en la misma forma.¹⁶

El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada. La velocidad con que se pierde esta agua para ser un factor determinante en la vida de poscosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito.¹⁷

5.1.6 Efectos de la humedad

Si queremos prolongar la vida de poscosecha de cualquier producto fresco se deduce que debemos de tratar de controlar los procesos de respiración y transpiración. Como se ha manifestado, la transpiración consiste en el movimiento de vapor de agua a través de un gradiente (es decir, de alta a baja). Si la humedad del aire es alta la presión del vapor de agua también será alta. A una temperatura dada la cantidad de vapor de agua que puede contener el aire es limitado. Cuando el aire está 100% saturado, toda agua adicional se condensa. El aire caliente puede retener más vapor de agua que el aire frío, lo cual explica la condensación que se produce en la superficie exterior de una botella de cerveza fría. El punto de saturación se designa como Humedad Relativa de 100%; el aire totalmente seco tiene una humedad relativa de 0%. Si la atmósfera que rodea al producto tiene 50% de Humedad Relativa (H.R.), el vapor de agua pasa del producto al aire circundante ya que su atmósfera interna tiene 100% de H.R. Mientras más seco está el aire, más rápido pierde agua el producto mediante la transpiración. De este modo si vamos a ejercer un control sobre la transpiración será conveniente mantener el producto en un ambiente con humedad relativa alta, reduciendo de ese modo la pérdida de agua y ayudando a extender la vida de poscosecha.¹⁸

5.1.7 Producción De Etileno¹⁹

El etileno es una fitohormona que se encuentra en los tejidos de todos los vegetales, en sus raíces, tallos, hojas, frutos, flores. Estimula la maduración de frutas climatéricas, desencadenando todas las reacciones que este proceso conlleva. Además es responsable de un gran cantidad de daños y problemas de deterioro de la calidad de las frutas, hortalizas y flores, tanto en los productos climatéricos en los que participan directamente en los procesos metabólicos, como en los no climatéricos en los que provocan solamente el cambio de color externo.

^{16, 17, 18}. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

¹⁹ Tecnología De Alimentos, Procesos de Conservación de Alimentos, A. CASP Y J. ABRIL

Para que el etileno produzca su efecto es necesario que en los tejidos vegetales exista una concentración mínima de este gas. Esta concentración química así como la temperatura a la que comienza a actuar es una característica específica de cada producto. Sin embargo dado que tanto la producción como actuación depende de la temperatura. El enfriamiento siempre será ventajoso para mantener inalterada la calidad, evitando los problemas producidos por este gas, a la vez que se retrasa la aparición de la madurez y de la senescencia.

2 ESTRUCTURA Y ESTADO DEL PRODUCTO²⁰

El producto pierde agua como vapor a través de orificios naturales.

Los orificios naturales incluyen los estomas, que son aberturas muy pequeñas en la piel (epidermis), que son los mismos poros a través de los cuales se intercambian otros gases como oxígeno y dióxido de carbono. Las hortalizas de hojas pierden la mayor parte del agua a través de las estomas. Otras maneras naturales de pérdida de agua son las lenticelas (papas), las cicatrices del tallo (tomates), hidrotodos (repollo) y a través de la superficie área del producto.

En general, mientras mayor es la razón superficie a volumen del producto (es decir, mientras mayor es la superficie expuesta por unidad de volumen) mas rápida es la tasa de pérdida de agua.

Las hortalizas de hoja como la lechuga y el apio, por lo tanto pierden agua a mayor velocidad, mientras que los melones y manzanos con menos superficie expuesta pierden agua más lentamente. La betarraga (betabel) plateada y la lechuga de hojas sueltas que tienen todas las hojas expuestas, se marchitan mas rápidamente que la lechuga compacta y repollo, que solo tienen expuestas las hojas externas.

Las raíces almacenadas con sus partes superiores adheridas pierden agua mucho mas rápido que aquellas con las partes superiores removidas.

Los tomates tienen una piel relativamente impermeable y pierden humedad principalmente a través de la cicatriz del pedúnculo.

²⁰ . Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

5.2.1 Efectos de la Temperatura

La temperatura influye directamente sobre la respiración y si se permite que incremente la temperatura del producto, igualmente incrementar velocidad de la respiración, generando una mayor cantidad de calor. Así, manteniendo baja la temperatura, podemos reducir la respiración del producto y ayudar a prolongar su vida de poscosecha.

La temperatura además de la Influencia que ejerce sobre la respiración, también puede causar daño al producto mismo. Si el producto se mantiene a una temperatura superior a los 40° C, se dañan los tejidos y a los 60° C toda la actividad enzimática se destruye, quedando el producto afectivamente muerto. El daño causado por la alta temperatura se caracteriza por sabores alcohólicos desagradables, generalmente como resultado de reacciones de fermentación y de una degradación de la textura del tejido. Ocurre con frecuencia cuando el producto se almacena amontonado a temperaturas ambientes tropicales.

Bajo temperaturas de refrigeración inadecuadas, el producto fresco se congela a alrededor de 2° C, ocasionando el rompimiento de los tejidos y sabores desagradables al retornar a temperaturas mas altas, por lo que el producto generalmente no es comerciable. La mayora de las frutas tropicales experimentan daño por frío a temperatura entre 5° C y 14° C. Frutas tales como la papaya, el plátano y la piña muestran degradación de tejidos, ennegrecimiento y sabores desagradables si se las mantiene a temperaturas bajas por algún tiempo.

PRODUCTO	TEMPERATURA MÍNIMA SEGURA		TIPO DE ALTERACIÓN PRODUCIDA ABAJO DE LA TEMPERATURA MÍNIMA
	F	C	
Palta (aguacate)	40 - 55	4.5 - 13	Obscurecimiento de la pulpa y de la piel.
Banano (plátano)	55-60	12-15	Piel opaca, líneas pardas en la piel, placenta endurecida, sabor desagradable.
Pomelo Toronja)	50 - 60	10 - 15.5	Escaldado, manchas circulares corchosas, pérdida de agua.
Lima	45-50	7 – 10	Manchas chicas aisladas.
Mango	50-55	10 -13	Ennegrecimiento de la pulpa y de la piel, madurez desaparece, sabor desagradable.
Melón	35-50	2 – 10	Manchas chicas aisladas, pudrición, Incapacidad para madurar.
Naranja	35-45	2 – 7	Manchas chicas aisladas, obscurecimiento superficial.
Papaya	40-55	4.5- 7	Manchas chicas aisladas, sabor desagradable, incapacidad para madurar.
Pía	45 - 55	7 - 13	Maduración Irregular, "deterioro vítreo", tendencia a mancha parda endógena.

Tabla 2, Alteraciones por el frío en frutas y hortalizas²¹

5.2.2 Heridas y machucones

El control de la temperatura es el factor más importante en el control de la respiración, pero no es el único. Las heridas y machucones del producto no solo son desagradables, sino que al producir ruptura de las células y daño tisular ocasionan la pérdida de agua y lo más importante, un rápido incremento en la respiración del tejido dañado. El aumento en la velocidad de la respiración naturalmente ocasiona un aumento localizado de la temperatura que, si no es controlado, calentará el ambiente que rodea al producto. Esto significa que una fruta dañada en una caja de frotta limpia y sana constituye un serio riesgo para la caja entera. Se deduce entonces que deben tomarse todas las precauciones para reducir al mínimo las heridas y machucones, lo que puede lograrse únicamente

²¹ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

mediante la cosecha, manejo y procedimientos de embalaje cuidadosos. También es conveniente no mezclar el producto dañado con el producto sano en el mismo empaque, vehículo o bodega de almacenamiento.

5.2.3 Ventilación

Cuando los productos frescos se almacenan a granel, sin suficiente ventilación y control de la temperatura, pueden por obra de su propia respiración, crear una atmósfera anormal empobrecida en oxígeno y enriquecida en dióxido de carbono. Cuando el nivel de oxígeno cae por debajo del 2% el producto puede volverse anaeróbico, y la fermentación que origina dar como resultado sabores alcohólicos desagradables y descomposición de los tejidos. A estos niveles, las frutas que requieren oxígeno para el cambio de color durante la maduración permanecerán verdes aunque otras reacciones propias de la maduración continúan su proceso. Al retornar a una atmósfera normal, puede ocurrir una rápida descomposición y el producto deja de tener valor comercial.

A menudo se asocia un bajo nivel de oxígeno a un alto nivel de dióxido de carbono. Las frutas especialmente, pueden presentar un retardo en el ablandamiento y cambio de color, a niveles de dióxido de carbono superiores al 5%. En manzanas y peras, los niveles elevados de dióxido de carbono pueden causar decoloración y pudrición interna, y en los cítricos pueden dar lugar al "pitting" (zonas necróticas de la cáscara) y sabores desagradables.

Las atmósferas anormales pueden evitarse mediante una buena ventilación. Por lo tanto, no es recomendable amontonar a granel el producto en pilas sin ventilación forzada, aunque sea por corto tiempo.

Las bodegas de almacenamiento con puertas herméticas deben ser ventiladas en forma regular, aunque el producto sea estibado en un sistema abierto, para evitar el agotamiento del oxígeno y la acumulación de dióxido de carbono más allá de los niveles tolerables.²²

3 MADURACIÓN DE LAS FRUTAS

Hasta ahora hemos examinado las principales características comunes a todos los productos y sus respuestas al ambiente que los rodea. Las frutas, sin embargo, incluyendo aquellas como tomates, pimentones, ajíes (chiles) y otros, sufren un proceso de maduración que es parte esencial de su desarrollo y que conduce eventualmente al envejecimiento y muerte de los tejidos.

^{22, 24}. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

La velocidad y naturaleza del proceso de maduración difiere significativamente entre las especies de frutas, cultivares de las mismas especies, diferentes grados de madurez del mismo cultivar y también entre zonas de producción. Las frutas también difieren en sus respuestas a la maduración a diversos ambientes de poscosecha, sin embargo, es posible identificar ciertos fenómenos generales en relación al comportamiento de la maduración.²³

La maduración de las frutas está ligada a complejos procesos de transformación de sus componentes. Las frutas, al ser recolectadas, quedan separadas de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y siguen activos. Los azúcares y otros componentes sufren importantes modificaciones, formándose anhídrido carbónico (CO₂) y agua. Todos estos procesos tienen gran importancia porque influyen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización de las frutas, afectando también en cierta medida a su valor nutritivo. Fenómenos especialmente destacados que se producen durante la maduración son la respiración, el endulzamiento, el ablandamiento y los cambios en el aroma, la coloración y el valor nutritivo.

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo y se mide como la cantidad de CO₂ (miligramos) que desprende un kilogramo de fruta en una hora. A lo largo del crecimiento se produce, en primer lugar, un incremento de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de maduración. Sin embargo, en determinadas frutas después de alcanzarse el mínimo se produce un nuevo aumento de la intensidad respiratoria hasta alcanzar un valor máximo, llamado pico climatérico, después del cual la intensidad respiratoria disminuye de nuevo; estas frutas son llamadas "frutas climatéricas".²⁴

4 MADUREZ DE COSECHA

La elección del momento justo de madurez para la cosecha de frutas y hortalizas es una consideración importante de pre-cosecha que tendrá gran influencia en la vida de poscosecha del producto y en su comercialización. Es importante en esta etapa distinguir claramente entre madurez fisiológica y comercial:

5.4.1 Madurez Fisiológica

La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente esta asociada con la completa madurez de la fruta. La etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. No siempre es posible distinguir claramente las tres

²⁴ Conozcamos más sobre las frutas (GUIA DE FRUTAS CONSUMER EROSKI)

fases del desarrollo del órgano de una planta (crecimiento, madurez y envejecimiento) porque las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas.

5.4.2 Madurez Comercial

La madurez comercial es simplemente las condiciones de un órgano de la planta requerido por un mercado. Comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o envejecimiento. Los términos Inmadurez, madurez óptima y sobre madurez se relacionan con las necesidades del mercado. Sin embargo, debe haber comprensión de cada uno de ellos en términos fisiológicos, particularmente en lo que concierne a la vida de almacenamiento y calidad cuando maduran. La (figura 5), ilustra las diferencias entre madurez fisiológica y comercial. Para determinar la madurez óptima de recolección de frutas y hortalizas se usa una combinación de criterios subjetivos y objetivos. En el método subjetivo usamos nuestros sentidos para evaluar la madurez de frutas y hortalizas mediante:

- Vista	color, tamaño y forma;
- Tacto	áspero, suave, blando y duro;
- Oído	sonido del producto al tocarlo con los dedos;
- Olfato	olor y aroma;
- Gusto	Acido, dulce, salado y amargo.

- Tiempo	de plantación a floración;
Ambiente	unidades de calor acumuladas durante el periodo de crecimiento;
-Características físicas	forma, tamaño, volumen, peso, color, grosor de la piel de la fruta, etc.
-Características químicas	Se usan raramente para hortalizas frescas, pero son características muy importantes en el procesamiento de verduras y frutas. El contenido de azúcar en las uvas para hacer vino; grados °Brix (una medida de porcentaje de l sólidos solubles en el jugo) en el procesa miento del tomate;

-Características fisiológicas	Ritmo o patrón de respiración.
-------------------------------	--------------------------------

Para la evaluación objetiva usamos instrumentos o mediciones objetivas:

Algunos cultivos tales como el repollo y el ame son aceptables para el consumo en un amplio rango de desarrollo y selección porque la cosecha depende del precio y de las preferencias de tamaño en el mercado. Otros cultivos deben ser cosechados con un grado específico de madurez ya que de lo contrario no serán comercializables por razones tales como mal sabor, alto contenido de fibra y/o rápido deterioro poscosecha.

La piña (*Ananás comosus*) para consumo local y para conserva se cosecha generalmente, cuando la fruta tiene alrededor del 25 30% del color amarillo, mientras que la fruta para exportación puede ser, ya sea completamente verde, o mas frecuentemente cuando muestra los primeros signos de coloración amarilla en el extremo basal. Los criterios de recolección del mango (*Manguifera indica*) pueden variar con los patrones de consumo local y la distancia del mercado. En Pakistán cuando algunos frutos maduros empiezan a caer en forma natural del árbol ("tapka"), toda la producción de ese árbol se recolecta aunque este verde y se madura después en la bodega. En otros lugares, el tiempo desde la floración combinado con la madurez fisiológica del fruto, constituyen los criterios para la cosecha del mango.

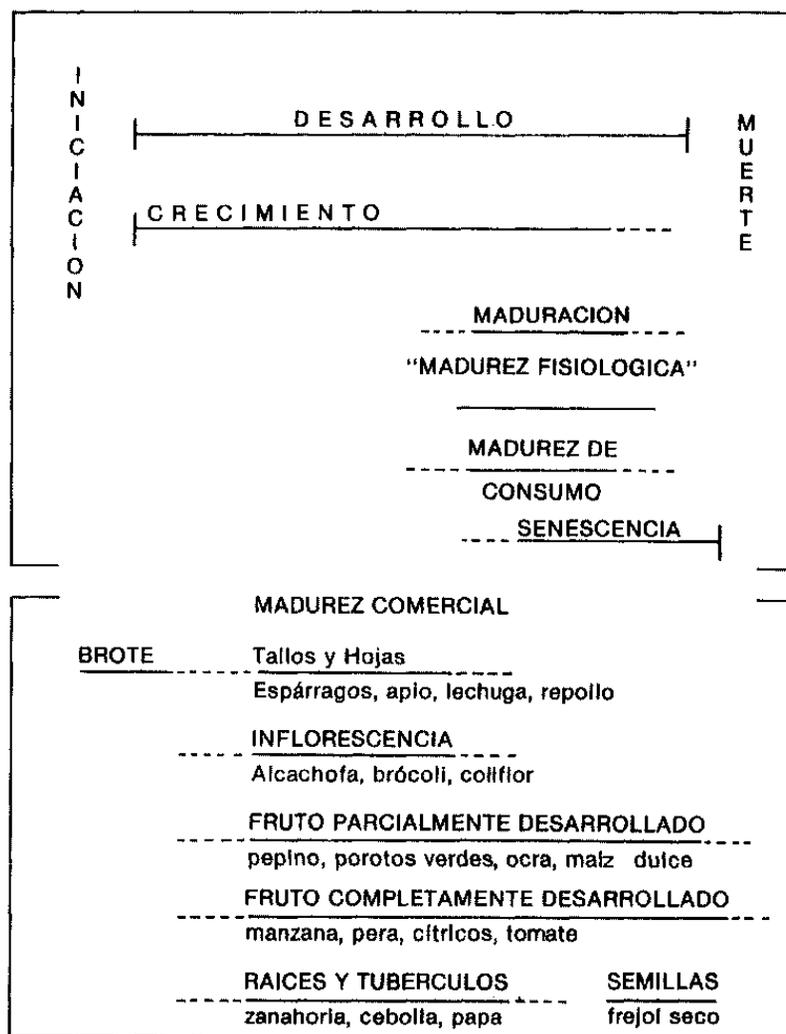


Figura 2, Diferencias entre madurez fisiológica y comercial.²⁵

Los productores deben decidir entre cosechar tan pronto como el precio del mercado asegure un retorno razonable, o dejar el cultivo en el campo hasta obtener un rendimiento máximo. Sin embargo, esperar demasiado tiempo el aumento de rendimiento, puede reducir drásticamente la vida de mercado del producto y bajar el precio de venta. Este balance es un factor crítico para determinar el ingreso del productor proveniente del cultivo. En la práctica el periodo total de cosecha es muy corto y el agricultor tiene muy poco tiempo para tomar la decisión correcta. En cultivos tales como porotitos verdes (ejotes) y tomates, una vez iniciada la cosecha esta debe ser continua, con el fin de

²⁵ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

recolectar el producto con el mismo grado de madurez y abastecer al mercado, con un producto.

5 FRUTAS CLIMATÉRICAS Y NO CLIMATÉRICAS

Las frutas pueden dividirse en dos tipos, climatéricas y no climatéricas (Tabla 3). En las frutas no climatéricas el proceso de madurez, es un proceso gradual pero continuo. En las frutas climatéricas, el proceso natural de madurez, es iniciado de acuerdo a cambios en la composición hormonal. El inicio de la maduración climatérica es un proceso bien definido, caracterizado por un rápido aumento en la velocidad de la respiración y el desprendimiento de etileno por la fruta, en un momento de su desarrollo, conocido como respiración climatérica. Estas diferencias en el patrón de maduración se ilustran gráficamente en las Figuras 3 y 4.²⁶

Las frutas climatéricas normalmente se recolectan antes del citado pico para su distribución comercial, de forma que terminan de madurar fuera del árbol. Esto evita que se produzcan pérdidas, ya que el periodo de conservación de la fruta madura es relativamente corto. Durante la respiración de todas las frutas se forma un compuesto gaseoso llamado etileno. Este compuesto acelera los procesos de maduración, por lo que es preciso evitar su acumulación mediante ventilación, a fin de aumentar el periodo de conservación de las frutas. Si este compuesto gaseoso, producido por una fruta madura, se acumula en las cercanías de frutas no maduras, desencadena rápidamente su maduración, lo que contribuye a acelerar el deterioro de todas ellas.²⁷

²⁶ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

²⁷ Conozcamos mas sobre las frutas (GUIA DE FRUTAS CONSUMER EROSKI)

	CLIMATÉRICAS	NO CLIMATÉRICAS
FRUTAS DE CLIMA TEMPLADO	<i>Manzana (Malus sylvestris Mill)</i> <i>Pera (Pyrus communis)</i> <i>Durazno (Prunus persica)</i> <i>Albaricoque (Citrus decumana)</i> <i>Ciruela (Prunus domestica)</i>	<i>Cereza (Prunus cerasus)</i> <i>Uva (Vitis vinifera)</i> <i>Fresa o Frutilla (Fragaria artem)</i>
HORTALIZAS DE FRUTO	<i>Melón (Cucumis melo)</i> <i>Patilla o Sandía (Citrullus lanatus)</i> <i>Tomate (Beta vulgaris)</i>	<i>Pepino (Cucumis sativus)</i>
FRUTAS TROPICALES COMUNES	<i>Aguacate (Persea Americana)</i> <i>Banana (Musa AAA cavendish)</i> <i>Mango (Manguiфера indica)</i> <i>Papaya (Carica papaya)</i> <i>Higo (Ficus carica)</i> <i>Guayaba(Psidium guajava)</i> <i>Maracuya (Passiflora edulis)</i> <i>Caqui (Diospyros chinensis)</i>	<i>Naranja (Citrus sinensis)</i> <i>Pomelo (Citrus paradisi)</i> <i>Limón (Citrus limonium)</i> <i>Lima (Citrus aurantifolia)</i> <i>Aceituna (Olea europaea)</i> <i>Piña (Ananas sativus)</i> <i>Litchi (Litchi chinensis)</i>
FRUTA TROPICAL MENOS COMÚN	<i>Chirimoya (Annona cherimola Mill)</i> <i>Guanábana (annona muricata)</i> <i>Fruta Pan (Artocarpus altilis)</i> <i>Jackfruit (Artocarpus heterophyllus)</i> <i>Mamey (Mammea americana)</i> <i>Zapote (papayo carica papaya)</i>	<i>Castaña de Caj (Castanea sativa)</i> <i>Ciruela de Java (Jambolán)</i>

Tabla 3, Ejemplos de frutas climatéricas y no climatéricas²⁸

²⁸ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)
Modificado Autores, se adiciono nombre científico.

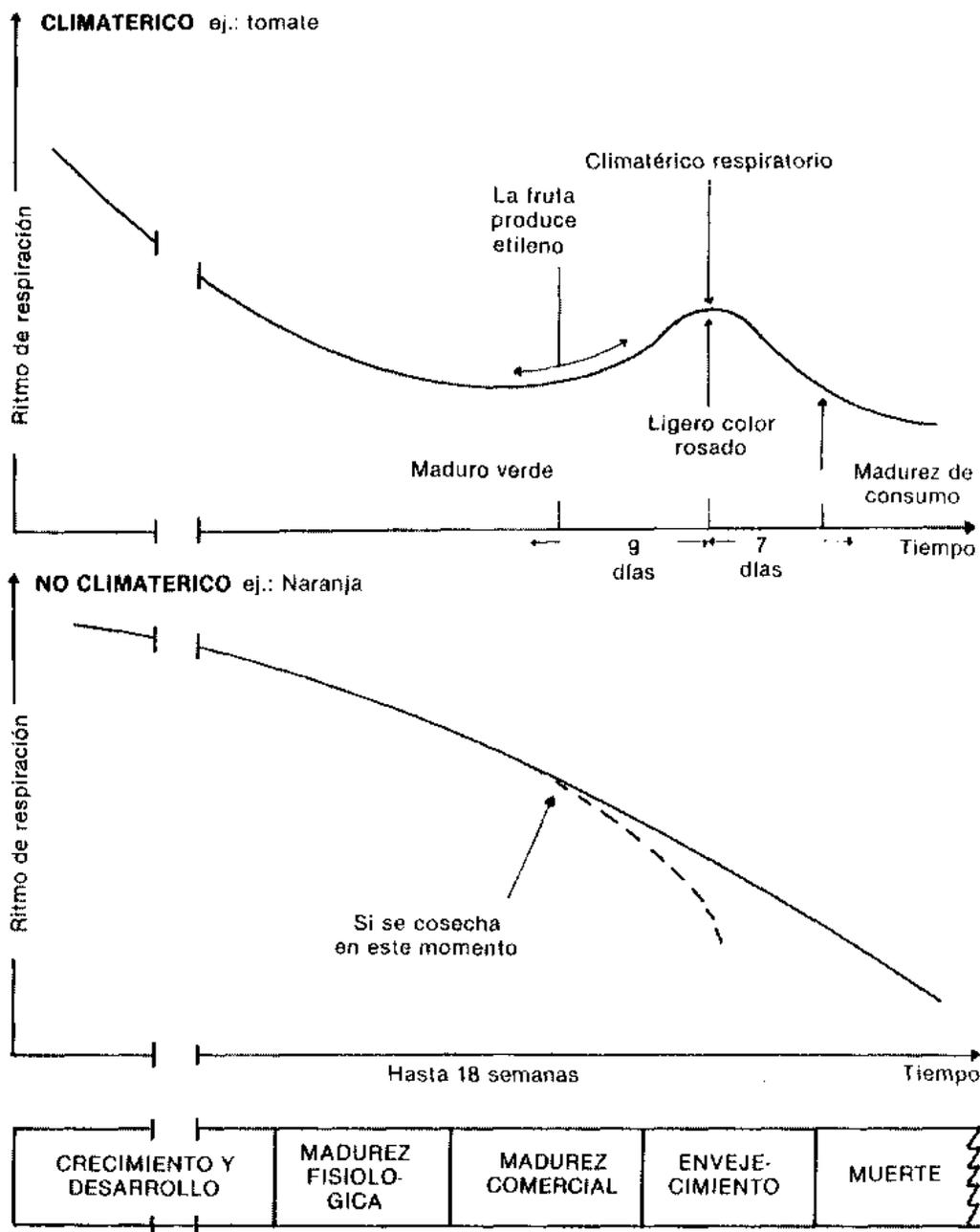


Figura 3, Patrones de respiración de frutas climatéricas y no climatéricas durante la maduración²⁹

²⁹ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

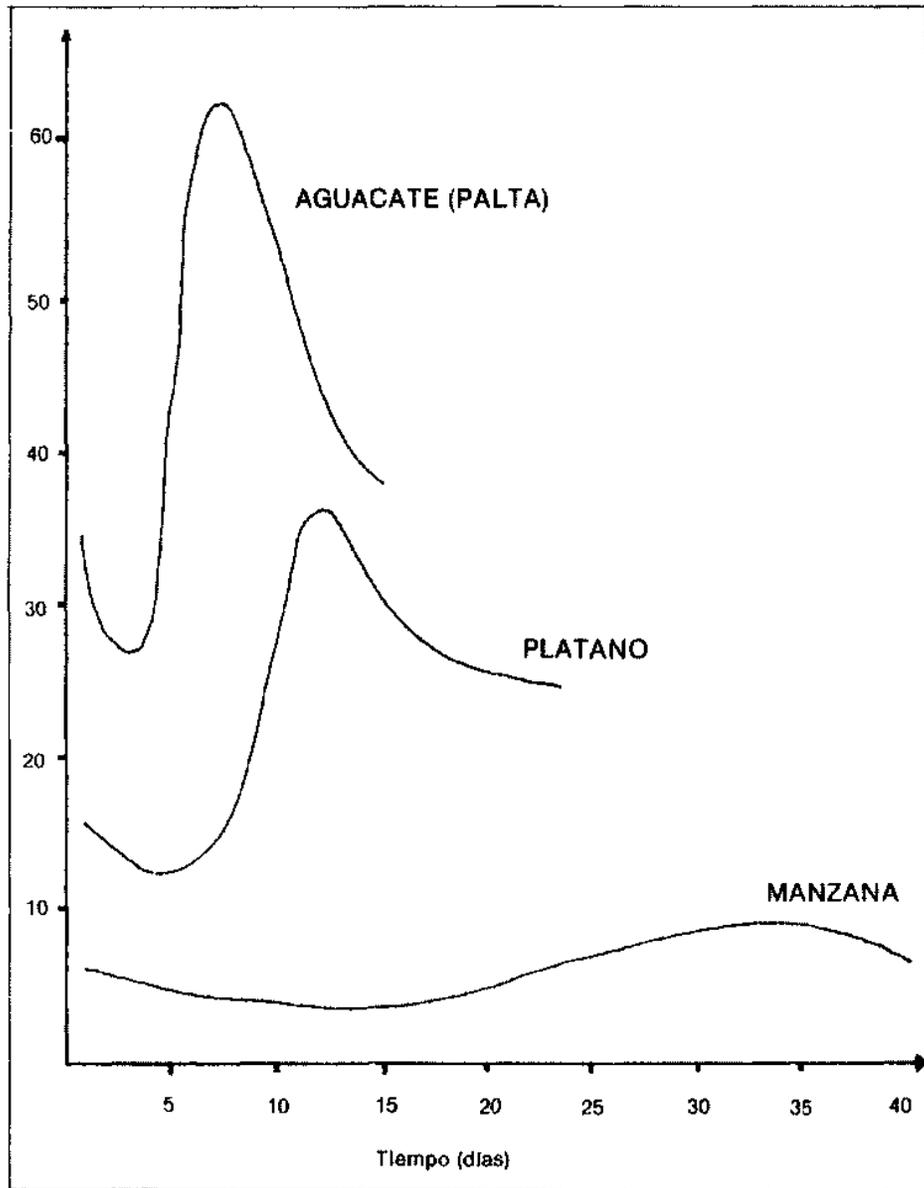


Figura 4, Diferencias en los patrones de respiración de tres frutas climatéricas durante la maduración a 15 °C³⁰

³⁰ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

6 ETANOL³¹

Wade (1993) indica que el etanol (también llamado alcohol etílico), C₂H₅OH, es el segundo miembro de la serie alifática de los alcoholes. Se trata de un líquido incoloro que, a excepción de su uso en las bebidas alcohólicas, se presenta como una mezcla de 95% etanol y 5% agua para su empleo industrial.

A pesar de que hay etanol puro disponible, es mucho más costoso y por lo tanto, utilizado únicamente cuando se requiere.

Wade (1993) y Perry et al (2000), listan las siguientes propiedades físicas y químicas del etanol.

Propiedades Físicas

Nombre IUPAC	Etanol
Nombre común	Alcohol Etílico
Fórmula	CH ₃ CH ₂ OH
Punto de Fusión (°C)	-114
Punto de Ebullición (°C)	78
Densidad relativa.	0.79
Características	Líquido incoloro, completamente miscible en agua y compuestos orgánicos. Altamente higroscópico.

³¹, 2 JORGE ANTONIO DONIS MOLINA, "DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ETILENO A PARTIR DE LA DESHIDRATACIÓN CATALÍTICA DE ETANOL"

7 ETILENO C₂H₄³²

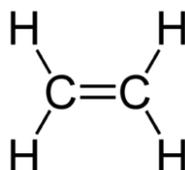


Figura 5, Formula estructural Etileno³³

También llamado gas oleificante. Descubierta en 1795 por los químicos holandeses Deiman, Paetz Van Troostwyk, Bond y Lauwrenburgh, deshidratando el alcohol etílico por el ácido sulfúrico.

Formula semidesarrollada: **CH₂=CH₂**

Fórmula molecular: **C₂H₄**

Propiedades físicas	
Estado de agregación	Gas
Apariencia	Incoloro
Densidad	1178 kg/m ³ ; 1.178 g/cm ³
Masa	28,05 u
Punto de fusión	103,96 K (-169,2 °C)
Punto de ebullición	169,46 K (-103,7 °C)
Temperatura crítica	282,9 K (°C)

Figura 6, Propiedades Físicas Etileno³⁴

Propiedades químicas	
Acidez (pK _a)	44
Solubilidad en agua	Miscible

Figura 7, Propiedades Químicas Etileno³⁵

³² AMTEXPO LTDA, <http://amtexpo.com.co/etileno.htm>

^{33, 34, 35} Enciclopedia Wikipedia, <http://es.wikipedia.org/wiki/Etileno>

5.7.1 ¿Qué es el Etileno?

El etileno es el más sencillo de todos los compuestos orgánicos que influye en los procesos fisiológicos de los vegetales, y que es considerado como la "hormona" de la maduración, siendo fisiológicamente activo a la iniciación del "ripening" o maduración plena de los frutos y en el establecimiento de la senescencia y marchitamiento de los productos hortícolas, incluso a muy bajas concentraciones, normalmente inferiores a 1 p.p.m.

5.7.2 Origen³⁶

El etileno tiene un doble origen: biológico y no biológico, según se trate del producido por el metabolismo del fruto y procedente de microorganismos, o proceda de la combustión en numerosos procesos industriales en los que se emplean combustibles fósiles.

5.7.3 Efectos Y Consecuencias³⁷

Mientras que el etileno es invaluable debido a su habilidad para iniciar el procesamiento de maduración en muchas frutas, este puede también ser muy dañino para muchas frutas, vegetales, flores y plantas ya que acelera el proceso de envejecimiento, disminuyendo así la calidad del producto y duración. El grado de daño depende de la concentración de etileno, tiempo que ha sido expuesto y temperatura del producto.

Entre los numerosos efectos fisiológicos del etileno, destacan los que afectan directamente a algunos aspectos de la maduración, como son la estimulación de la respiración de los vegetales, la influencia en el metabolismo péptico, favoreciendo el aumento de pectinas solubles, y por tanto la reducción de la dureza de la pulpa, degradación de la clorofila, la despolimerización de polisacáridos, la pérdida de ácidos, taninos y fenoles.

Entre los efectos perjudiciales del etileno, en cuanto a facilitar la presencia de FISIOPATÍAS, se destacan las siguientes:

^{36,37}. AMTEXPO LTDA, <http://amtexpo.com.co/etileno.htm>

Senescencia acelerada y amarillamiento en algunos frutos inmaduros. Aceleración de la maduración de los frutos (tomates) durante la manipulación y conservación, Manchas foliares, Caída de hojas (coliflor, etc.), Pardeamiento en pulpa y semillas de berenjena, Acumulación de metabolitos de "estrés" (isocumarina en la zanahoria, que provoca amargor; terpenos en batata, pisantina en guisante,...).

La longevidad de las flores cortadas es una característica de calidad muy importante. En general, la vida de florero varía entre cinco y catorce días dependiendo del cultivar y del manejo de post cosecha, y ésta generalmente termina con la marchitez y posterior abscisión de los pétalos.

El etileno, responsable de la senescencia, es producido por todos los órganos de la planta. Esta hormona es sintetizada por las flores en su proceso de maduración.

Las flores de corte presentan una curva de producción de etileno, en la cual se distinguen tres fases:

1. Una baja y constante tasa de producción,
2. Un acelerado aumento hasta llegar al máximo de producción y por último
3. Declinación de esta producción.

Al finalizar la segunda etapa ocurren los síntomas de daño por etileno y por ende comienza la senescencia de la flor.

Una excesiva concentración de etileno en el medio ambiente conduce a un envejecimiento prematuro de la flor, el que tiene como consecuencia caída de botones, decoloración, marchitamiento y abscisión prematura de las flores.

8 Cambios asociados con la madurez

Varios tipos de cambios acompañan a la madurez en la mayoría de las frutas:

- Cambios en textura y reducción de la firmeza.
- Cambios de color, generalmente pérdida de color verde y un aumento de los colores rojo y amarillo.

- Cambios en sabor y aroma; generalmente volviéndose más dulce a medida que el almidón es convertido en azúcar, y con la producción de compuestos volátiles frecuentemente aromáticos.

Cuando las frutas climatéricas maduran la velocidad de la respiración se eleva llegando a un máximo y luego declina hasta el comienzo del envejecimiento, mientras que en las frutas no climatéricas la tasa de respiración decrece gradualmente. El etileno está presente en todas las frutas y ahora se le reconoce como la principal hormona de la maduración que, en las frutas climatéricas puede en realidad iniciar la maduración a concentraciones umbrales tan bajas como 0.1 a 10 partes por millón (ppm). Sin embargo, el etileno aplicado exógenamente influye en el proceso de maduración tanto en las frutas climatéricas como no climatéricas. Por ejemplo, en el plátano (*Musa sapientum*) (climatérico) el etileno inicia y acelera la maduración de frutas verdes, pero en la piña (*Ananas comosus*) (no climatérica) el etileno simplemente aumenta la velocidad de respiración y acelera un proceso de maduración ya iniciado por la fruta misma.

El etileno tiene un papel de relevancia directa con el daño físico de frutas y hortalizas. Actualmente se sabe que el etileno se produce en todos los tejidos vegetales como una respuesta al "stress". En consecuencia, el daño físico de las frutas también acelera el proceso de maduración, y en las frutas climatéricas verdes (no maduras), puede ser su iniciador. De este modo la ventilación es también de gran importancia para prevenir la acumulación del etileno producido por frutas dañadas o en maduración, no solo para evitar el aumento de temperatura que resulta del incremento de la respiración, sino también para prevenir la maduración acelerada o su inicio en frutas limpias y sanas. La producción de etileno es otra buena razón para una cosecha, manejo y embalaje cuidadoso de las frutas.

5.8.1 PLAGAS Y ENFERMEDADES

5.8.1.1 Insectos

Es reconocido que las plagas ocasionadas por insectos, constituyen un serio peligro para la producción y mercadeo de poscosecha de granos, leguminosas y otros productos básicos. Los insectos causantes de plagas, y especialmente sus larvas también pueden ser un serio problema para la producción de frutas y hortalizas frescas por lo que debe recurrirse al uso de prácticas culturales cuidadosas y a la aplicación controlada de insecticidas, evitando que haya residuos dañinos presentes en el momento de la cosecha. En el momento de la cosecha el producto infestado es relativamente fácil de identificar y separar del producto sano. El rápido mercadeo de la mayoría de los productos frescos también significa poca oportunidad para que lo infesten los insectos, siempre que se tomen precauciones razonables y que el producto que estaba infestado antes de la cosecha no sea empacado y almacenado junto con el producto sano. Ocasionalmente existen excepciones y la insistencia de los oficiales encargados de cuarentena, de fumigar la fruta antes de la entrada a puerto para impedir la diseminación de la mosca de la fruta, es un ejemplo concreto.

5.8.1.2 Enfermedades y deterioro

El deterioro de poscosecha producido por hongos y bacterias en el producto fresco causa daño físico, aumenta la pérdida de agua y la respiración con todos los efectos adversos comentados anteriormente. Las bacterias proliferan mediante una rápida multiplicación celular y se introducen en el producto principalmente a través de cortes en la superficie o de puntos de abscisión naturales. La contaminación del producto por bacterias se produce más comúnmente por contacto con agua infectada o por contacto con bacterias del suelo. Los hongos proliferan por extensión y división celular o formando esporas que son dispersadas por el aire, el agua, animales vectores e insectos. La contaminación por hongos puede provenir a través de cortes en la superficie o puntos de abscisión naturales o por la penetración de patógenos al producto. La entrada de patógenos a los tejidos sanos e intactos este reducirá a unos cuantos organismos; generalmente la entrada se realiza a través de cortes en la superficie, tejido dañado o tejido que sufre algún "stress" por razones diversas.

Durante el almacenamiento, el producto envejece y los tejidos se debilitan por una degradación gradual de la estructura e integridad celular. El producto en este estado es menos capaz de soportar la invasión, produciéndose la infección por organismos patógenos (es decir, la infección esta latente). Esto es especialmente cierto en muchas frutas en que la infección aparentemente esta ausente en el momento de la cosecha, pero se desarrolla durante la vida de poscosecha como resultado de la entrada de contaminantes de la superficie a los tejidos "estrenados". La antracosis es un ejemplo típico de tales infecciones latentes.

Algunos patógenos producen enzimas que degradan la pared celular, lo que da como resultado una mayor degradación del tejido huésped y la propagación de la infección. La decoloración y "mancha acuosa" son síntomas comunes. Los microorganismos pueden también producir toxinas y otras sustancias que dan origen a sabores desagradables o dejan al producto no apto para el consumo.

5.8.2 Prevención y control de enfermedades

Muchos organismos dañinos están presentes en la fase de producción como contaminantes del suelo y del agua o en la superficie de la planta misma. La infección del producto en el momento de la cosecha se produce a menudo a través de cortes superficiales o puntos de abscisión por lo que las buenas prácticas fitosanitarias ayudaran a prevenir la mayoría de las infecciones de poscosecha. El manejo y empaque cuidadoso ayudaran al producto a evitar la infección eliminando los factores causales. La buena selección y clasificación debe eliminar el producto infestado y de mala calidad en cada etapa del mercadeo; de lo contrario ello representar un riesgo significativo para el producto sano. La inspección regular del producto almacenado y la eliminación inmediata de los productos infestados ayudaran a prevenir la propagación de la infección.

Las hortalizas como papas y cebollas que se almacenan por periodos de tiempo considerables tienen buena capacidad para resistir la invasión e infección por microorganismos, siempre que se les de un tratamiento de curado o de secado después de la cosecha, pero además deben mantenerse en un buen régimen de almacenamiento. Sin embargo, el bajo valor de muchas hortalizas y la necesidad de su mercadeo lo más rápido posible, pueden hacer que no sea económica la inversión en algunas prácticas de control. En tales casos el uso de fungicidas sería de escaso beneficio y ciertamente sin ventaja económica, siempre y cuando se usen buenas técnicas fitosanitarias en forma regular (es decir, limpieza de cuchillos, tijeras podadoras, canastos, bodegas, vehículos, etc.).

Aquellas frutas que tienen una vida de poscosecha inherentemente corta y son comercializadas tan rápidamente como es posible, tampoco estimulan la inversión en tratamientos con insecticidas en la fase de poscosecha. El cuidado y una buena técnica fitosanitaria es a menudo todo lo que se necesita, puesto que las prácticas de producción han controlado la infección en el terreno. Sin embargo, aquellas frutas que tienen un alto valor y/o considerable vida de mercadeo/almacenamiento son probables candidatos para invertir en fungicidas y otros tratamientos de poscosecha. Existen disponibles varios pesticidas adecuados para ser aplicados a los productos frescos en la etapa de poscosecha; ejemplo de ellos se presentan en la (Tabla 4). La aplicación de cualquier pesticida tiene que ser cuidadosamente controlada a fin de que sea efectivo, económico y sin peligro para consumidores y usuarios.

CULTIVO	PRODUCTOS QUÍMICOS
PLÁTANOS	Tiabendazol (TBZ) Benomyl
FRUTAS CÍTRICAS	Carbonato de Sodio Brax o-fenilfenato de sodio (SOPP) Tiabendazol Benomyl Difenilo
PIÑA	o-fenilfenato de sodio Salicilanilida
MANGO	Benomyl

Tabla 4, Algunos productos químicos usados en fruta fresca para el control de la pudrición de poscosecha³⁸

* NOTA: Los productos químicos aparecen con sus nombres genéricos y no con 108 nombres comerciales usados por los fabricantes. El TBZ y el Benomyl se usan en soluciones para inmersión o en pulverizaciones de suspensiones acuosas. El SOPP puede incorporarse en un tratamiento con cera en cítricos y el Difenilo se usa con más frecuencia en papeles de envolver impregnados con el compuesto para frutas cítricas.

5.8.3 Hora de cosecha

La hora del día en que se realizará la cosecha dependerá de la disponibilidad de transporte y otras facilidades, de las condiciones ambientales y de factores humanos, así como de las demandas y cuotas del mercado.

El factor que adquiere la mayor importancia depende del cultivo y de la situación local.

5.8.4 Factor ambiental.

La mayoría de los cultivos están más fríos, más frescos y por lo tanto en condiciones más favorables para el manejo, temprano en la mañana. En algunas áreas, donde los mercados requieren de transporte nocturno, puede ser aconsejable no cosechar durante el mediodía. El producto cosechado en las primeras horas de la mañana debe ser mantenido en un cobertizo ventilado hasta cargar al anochecer. Sin embargo, esto debe compararse con la posibilidad de

³⁸ Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles (OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE)

que exista abundante rocío o lluvias por la mañana temprano lo que puede tener efectos perjudiciales. El empaque del producto húmedo frecuentemente ocasiona graves daños de poscosecha y los tejidos turgentes pueden machucarse o partirse con más facilidad.

5.8.4.1 Transporte

No es aconsejable empezar a cosechar si el transporte no esta asegurado, ya que el producto cosechado que permanece en el campo, usualmente comienza a deteriorarse rápidamente a menos que se disponga de facilidades para protegerlo.

5.8.4.2 Destino.

Si la cosecha va a ser trasladada a un mercado, centro de almacenamiento, estación de embalaje o lugar de procesamiento relativamente distante, debe ser programada a fin de permitir la entrega en el momento oportuno.

5.8.4.3 Mano de Obra

La cosecha solo puede tener lugar cuando se dispone de suficientes trabajadores con la destreza y fuerza necesaria. Por tanto deben considerarse la distancia que los trabajadores deben recorrer, su situación domestica, sus creencias religiosas y a veces sus características sociales.

5.8.4.4 Cosecha Manual

En la cosecha se emplea una amplia variedad de herramientas manuales, las cuales están diseñadas para satisfacer las necesidades locales. A continuación se enumeran algunas de las herramientas más comunes usadas:

5.8.4.4.1 Cuchillos y Tijeras

Muchos tipos de productos tales como tomates, leguminosas para consumo en verde, manzanas y frutas cítricas pueden ser retorcidos o arrancados de la planta sin daño. Otros pueden ser cortados con cuchillo o con tijeras para evitar daño a la planta o al producto. Estos incluyen: lechugas, repollo, pimiento dulce, berenjenas, melón tuna y plátanos.

Las ventajas del procedimiento de arrancar o retorcer son:

- es rápido y barato;
- el fruto usualmente se corta en un punto de abscisión natural y por consiguiente la entrada de patógenos es minimizada.

Las desventajas son que la planta puede ser dañada, y que la remoción forzada, en un lugar de ruptura que no es natural, va a dejar un corte abierto a las infecciones (esto es más importante en las frutas que en la mayoría de las hortalizas).

Las ventajas de usar herramienta cortante son:

- los tejidos firmes pueden ser cortados sin esfuerzo;
- el recorte de tallos y hojas puede hacerse en el terreno lo que reduce los costos en la bodega de empaque;
- los cortes limpios de cuchillos con filo y limpios son mucho menos susceptibles a infección de poscosecha que los puntos de desprendimiento toscamente desgarrados.

La principal desventaja de las herramientas cortantes es que los virus y las infecciones pueden diseminarse en todo el campo a través de sus partes cortantes. Por lo tanto es importante que las herramientas se mantengan limpias y afiladas. Se puede usar cualquier tipo de desinfectante fuerte, siempre que se tomen precauciones razonables y las herramientas se laven con agua limpia antes de usarlas.

5.8.4.4.2 Herramientas para cavar

Las hortalizas de raíz y tubérculos usualmente se arrancan de la tierra con horquetas (bielgo) y azadones. En general, es preferible levantar haciendo palanca y tirar las raíces antes que cavar para arrancárselas, ya que ello causa menos daño a la piel externa del producto y origina menos daño durante el almacenamiento. La mayoría de las hortalizas de raíz a menudo se cosecha mejor cuando el suelo está relativamente seco, eliminando la necesidad de lavado y el posible daño, que es causa de deterioro.

5.8.4.4.3 Recipientes para la cosecha

Se usan muchos tipos de bolsas, canastos, sacos, cajas y cajones, de diversos materiales, para recolectar el producto del terreno y transferirlo a su punto de recolección. Deben evitarse los canastos con bordes afilados que causan abrasiones. Lo ideal será cosechar el producto en el recipiente en que será trasladado a la estación de empaque o centro de almacenamiento. A menudo se produce daño cuando el producto es transferido desde el recipiente en que se cosecha a un recipiente mayor. Son también causas frecuentes de daño el exceso de carga y el forzar los productos de bordes redondeados en recipientes rectangulares. Cuando se usan bolsas para cosechar, es preferible tener un

sistema de descarga con un sujetador que permita cubrir el fondo, de modo que el producto pueda salir suavemente, en lugar de voltear la bolsa. La cuadrilla debe ser instruida para vaciar los recipientes de cosecha cuidadosamente con el fin de evitar la caída del producto desde lo alto y su magullamiento. Para productos de alto precio, como plátanos y pías, se han diseñado almohadillas y sacos de cosecha específicos para reducir el daño de campo.

Los recipientes para la cosecha deben limpiarse regularmente, para evitar que contaminen el producto con organismos que causan deterioro (Figuras 19 y 20).

5.8.4.5 COSECHA MECANIZADA

La cosecha en general, requiere de un trabajo intensivo, por lo que en algunos países donde sus costos representan la mayor parte de los costos totales de producción y posiblemente donde la urbanización ha generado una escasez de mano de obra rural, se está prestando más atención a los métodos que permiten mecanizarla. La mecanización puede involucrar varios niveles de tecnología. Pueden ser simplemente carretas o remolques que se desplazan entre las hileras del cultivo, evitando la necesidad de transportar el producto al lugar de recolección. También se utilizan correas transportadoras suspendidas sobre múltiples hileras del cultivo que trasladan el producto a un remolque, haciendo mucho más rápida la cosecha. En algunos casos, puede usarse una máquina cosechadora totalmente mecanizada, por ej. Para papas y otros cultivos de raíz.

La cosecha mecanizada puede acelerar grandemente la velocidad de esta operación y al mismo tiempo reducir la necesidad de trabajo, pero hay algunas consideraciones muy importantes que hacer antes de invertir en un equipo de esta naturaleza:

- La cosecha a mano es todavía la forma más delicada de cosecha, mientras que la mecanizada siempre producir un mayor daño físico del producto. Esto puede no constituir un problema si el producto se va a procesar inmediatamente, pero probablemente dar lugar a un menor precio de mercado durante su comercialización. Los tomates, uno de los mayores cultivos para procesamiento, todavía se cosechan principalmente a mano, debido a los diferentes grados de madurez del producto en una misma planta.

- La cosecha mecanizada requiere de una considerable inversión de capital para la adquisición, operación y mantenimiento del equipo. Estos costos deben compararse con los costos de la mano de obra y los efectos sobre la calidad del producto y por lo tanto, de su valor de mercado.

- Frente a un cultivo carente de uniformidad y especialmente donde la tierra es accidentada y las distancias entre hileras no están estandarizadas, la cosecha

mecanizada es prácticamente imposible. La maquirarla de gran tamaño a menudo no puede llegar a las esquinas estrechas y si el control de maleza no es eficiente, es probable que el follaje de la maleza atasque las partes movibles.

En los países en desarrollo, frecuentemente la cosecha mecanizada de productos frescos es utilizada exclusivamente por compras multinacionales, o por grandes agricultores con acceso a fondos considerables, por ej., la recolección de la pía con correas transportadoras. Para los demás agricultores, a menudo con pequeñas extensiones de tierras dispersas, los costos de la mano de obra son todavía y lo sean probablemente por algo tiempo, una fracción relativamente pequeña de los costos globales de producción. El trabajo manual no solo es barato, también es abundante, y el bajo valor de la mayoría de los productos frescos en los países en desarrollo, junto con la producción y mercadeo relativamente sencillos, significa que los limitados recursos financieros pueden invertirse mejor para mejorar las instalaciones de empaque y transporte.

5.8.4.6 Acopio en terreno

A menos que los lotes de tierra sean muy pequeños, la cosecha se debe acopiar y preparar tomando en consideración su transporte al mercado, bodega de empaque, procesamiento o centro de almacenamiento. Las interrupciones en la operación de cosecha por causa de la lluvia, fallas en la maquinaria y otras razones, pueden volver a ocurrir. Por lo tanto el acopio en terreno debe planificarse teniendo en cuenta la mejor ubicación y la provisión de instalaciones básicas:

5.8.4.7 Sombra y protección

El producto cosechado debe mantenerse protegido del sol, ya que la temperatura de las plantas sube rápidamente después de la cosecha. El calor radiante del sol puede causar daño irreversible al producto. Los cobertizos son también necesarios para proteger al producto de la lluvia, que puede propiciar el daño posterior. Podrá considerarse un sistema de techo simple enfriado por evaporación, como el que se describe posteriormente en este manual (Figuras 23 y 24).

5.8.4.8 Almacenamiento

El producto no debe mantenerse directamente sobre el piso con el fin de evitar la contaminación del suelo. Debe disponerse de suficientes recipientes para eliminar el amontonamiento y el consiguiente calentamiento, y para evitar etapas adicionales de manipulación innecesarias.

5.8.4.9 Acceso

El lugar de acoplo del terreno debe ser fácilmente accesible tanto para los vehículos de transporte como para las cuadrillas de cosecha. No hay razón para colocar al producto en un lugar donde las cuadrillas tienen que transportarlo a distancias que no son razonables. El daño por manipulación aumentará proporcionalmente con el cansancio de la cuadrilla de cosecha.

5.8.4.10 Recipientes de campo

Se emplean muchos tipos de recipientes de campo dependiendo del cultivo, costos, disponibilidad de materiales y del sistema de cosecha empleado. A menudo el recolector llena un recipiente que luego es vaciado a una caja o cajón mucho más grande, para su transporte fuera del terreno. A veces los cultivos se cosechan directamente en pallets o remolques, o cajones transportados por remolques; sin embargo, el éxito depende del buen entrenamiento del equipo y la rapidez de la operación, con el fin de evitar el daño o sobrecalentamiento del producto. Para algunos cultivos, particularmente para frutas y hortalizas de naturaleza delicada que no pueden tolerar un exceso de manipulación, es preferible recolectar directamente en los envases en los cuales se van a comercializar, tales como canastillos, cajas o canastos adecuados para la venta al detalle.

Los recipientes para venta al por menor se colocan en cajas o bandejas más firmes, que pueden acomodar un número exacto de unidades y que permiten la estiba vertical del producto sin aplastarlo. Las hortalizas tiernas, especialmente lechugas, coliflores y algunos repollos de Europa y Norteamérica, a menudo se empaquetan directamente en el campo en recipientes de mercado. También es práctica como el empaque directo en el campo, en cajas para la exportación por barco de frutas tales como plátanos y mangos; pero esto puede dar origen a un incremento de las manchas por látex en el producto y a un valor comercial menor.

Las ventajas prácticas del empaque en terreno son un menor daño por manipulación y la ventaja económica de eliminar los costos de la bodega de empaque; sin embargo, ello requiere de agricultores responsables, bien capacitados y con cuadrillas de cosecha disciplinadas a fin de mantener los estándares de calidad. Los productos menos tiernos, pero no aptos para ser transportados en cajones a granel, son cosechados en rejas de madera (huacal, Jaba) para su transporte a la bodega de empaque o rea de almacenamiento. Las rejas de campo eran pequeñas, construidas de madera, pero hoy en día la mayoría de los países, incluyendo muchos de ellos en desarrollo, han invertido en el uso de polietileno o propileno de alta densidad por su durabilidad, escaso peso y facilidad de limpieza.

9 GENERALIDADES DE LAS FRUTAS A MADURAR CON EL GENERADOR CATALÍTICO DE ETILENO

5.9.1 Bananas (*Musa AAA cavendish*)³⁹

5.9.1.1 Índices de Cosecha

Grado de llenado de los dedos o desaparición de la angularidad en sección transversal. Los bananos se cosechan en estado verde-maduro (piel completamente verde pero fisiológicamente maduros) y después, a su arribo a los mercados de destino, se les aplica el tratamiento para inducir la maduración de consumo debido a que las frutas maduras en la planta a menudo se abren y resultan de una textura muy pobre.

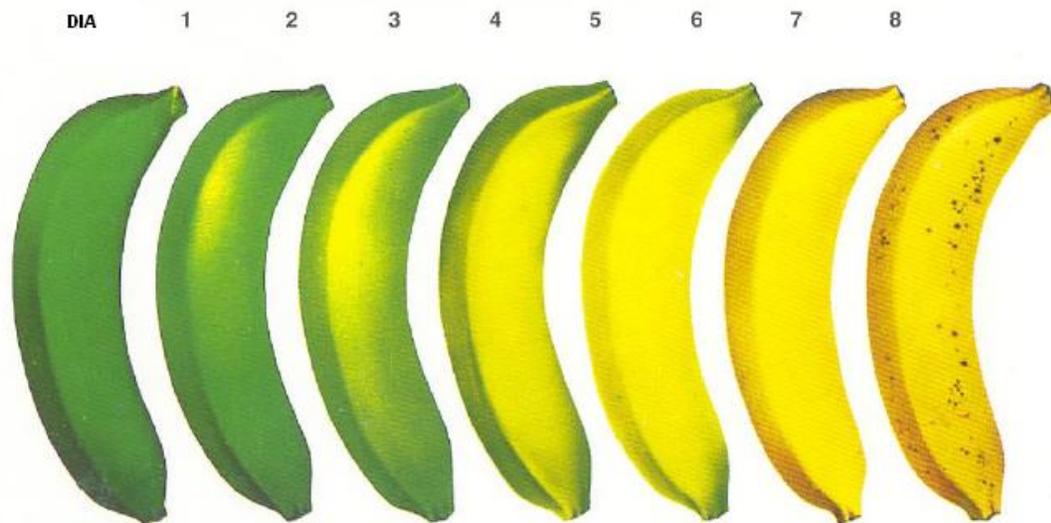


Figura 8, Etapas de Maduración por Días, Banano⁴⁰

^{39, 40} Adel A. Kader

Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616

Traducido por Clara Pelayo

Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.



Figura 9, Estado de Maduración del Banano⁴¹

5.9.1.2 Índices de Calidad

Madurez fisiológica (entre más maduro fisiológicamente, mejor calidad cuando adquiera madurez de consumo); longitud del dedo (dependiendo del uso al que se destine y de la demanda por varios tamaños); ausencia de defectos, tales como daños por insectos, daños físicos, cicatrices y pudriciones.

A medida que los bananos entran a la fase de maduración de consumo, el almidón se convierte en azúcares, aumentando con ello su dulzura. Los ácidos orgánicos y los aromas son también componentes importantes del sabor.

⁴¹ Adel A. Kader

Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616

Traducido por Clara Pelayo

Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.

5.9.1.3 Temperatura Óptima

13-14°C (56-58°F) para almacenamiento y transporte
15-20°C (59-68°F) para la maduración de consumo.

5.9.1.4 Humedad Relativa Óptima

90-95%

5.9.1.5 Tasa de Respiración

Temperatura	13°C(56°F)	15°C(59°F)	18°C(65°F)	20°C(68°F)
mL CO ₂ /kg-h	10-30	12-40	15-60	20-70

Nota: El límite inferior de cada intervalo corresponde a los bananos verde-maduros y el superior a los que se encuentran en madurez de consumo.

Para calcular el calor producido multiplique ml CO₂/kg-h por 440 para obtener Btu/ton/día o por 122 para obtener kcal/ton métrica/día.

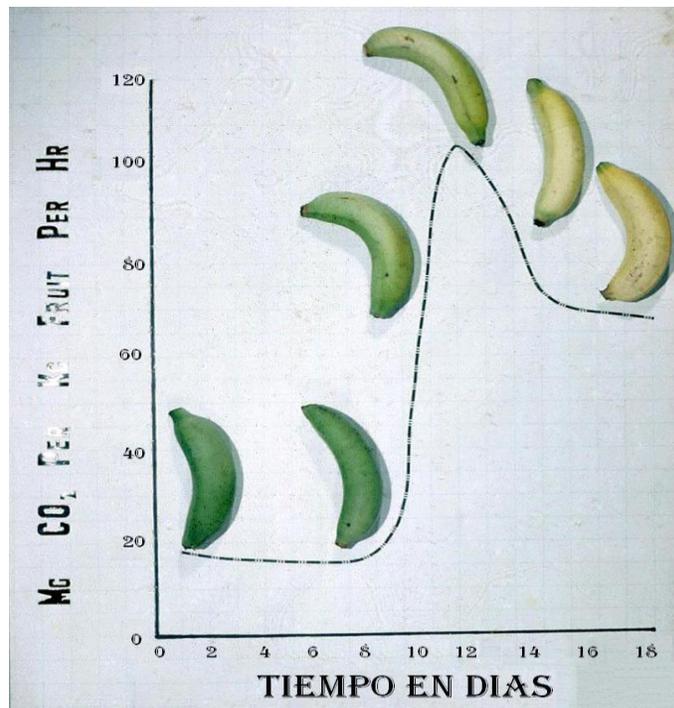


Figura 10, Tasa de Respiración del Banano.⁴²

⁴² Adel A. Kader
Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616

5.9.1.6 Tasa de Producción de Etileno

Temperatura	13°C(56°F)	15°C(59°F)	18°C(65°F)	20°C(68°F)
µL C₂H₄/kg·h	0.1-2	0.2-5	0.2-8	0.3-10

Nota: El límite inferior de cada intervalo corresponde a los bananos verde-maduros y el superior a los que se encuentran en madurez de consumo

5.9.1.7 GUÍA SUGERIDA PARA LA MADURACIÓN DE BANANO

El proceso de maduración a través de la exposición a etileno, se maneja según el tiempo en que se desee culminar el proceso, modificando los niveles de temperatura, conociendo que a mayor temperatura mayor es la producción de etileno propio de las frutas.

El proceso se inicia con la exposición a etileno durante un tiempo determinado, según sea la capacidad de la cámara y la cantidad de fruta a madurar. **(Ver, tiempo de exposición)**

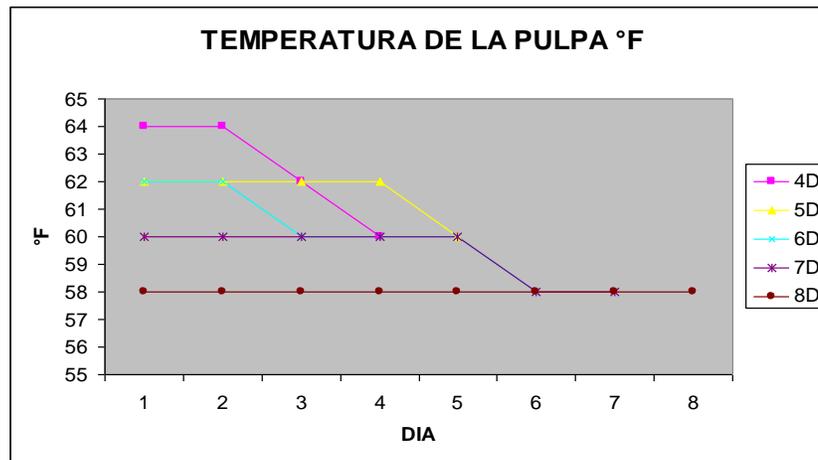
A continuación se detallan los niveles de temperatura en grados Fahrenheit (°F) según el periodo de maduración deseado:

	ETHYLENE							
4 Dias	64°	64°	62°	60°				
5 Dias	62°	62°	62°	62°	60°			
6 Dias	62°	62°	60°	60°	60°	58°		
7 Dias	60°	60°	60°	60°	60°	58°	58°	
8 Dias	58°	58°	58°	58°	58°	58°	58°	58°
	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabla 5 Temperatura de la Pulpa (° F)⁴³

42, Traducido por Clara Pelayo
 Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa
 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.

⁴³ <http://www.catalyticgenerators.com/generators-sp.html>



5.9.1.8 Efectos del Etileno

La mayoría de los cultivares comerciales de banano deben tratarse con 100-150 ppm de etileno por 24-48 horas a 15-20°C (59-68°F) y una humedad relativa de 90-95% para inducirles una maduración de consumo uniforme. Las concentraciones de bióxido de carbono deben mantenerse a menos del 1% para evitar interferencias con el efecto del etileno. El uso del sistema de aire forzado en las cámaras de maduración asegura un enfriamiento o un entibamiento, según se requiera, más uniforme de la fruta y una concentración de etileno también más uniforme dentro de la cámara durante el proceso.

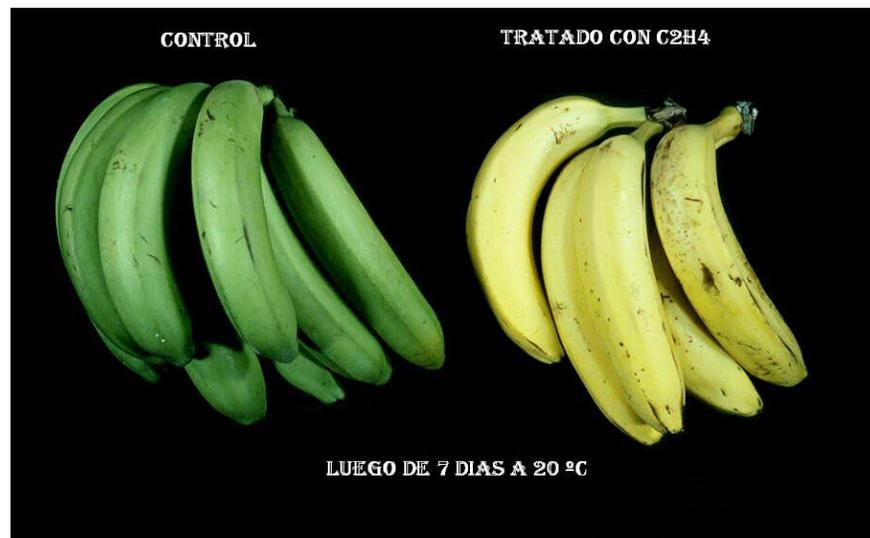


Figura 11, Efecto del Etileno en los Bananos.⁴⁴

⁴⁴ Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

5.9.1.9 Efecto de las Atmósferas Controladas (AC)

- 2-5% O₂ y 2-5% CO₂
- Las AC retrasan la maduración y reducen las tasas de respiración y de producción de etileno.
- La vida poscosecha potencial de los bananos en estado verde-maduro es de 2-4 semanas en aire y de 4-6 semanas en AC a 14°C (58°F)
- Las atmósferas con <1% O₂ y/o >7% CO₂ pueden causar sabor y textura desagradables.
- El uso de AC durante el transporte para retrasar la maduración de consumo ha permitido la cosecha de los bananos en el estado de completa madurez fisiológica (llenado pleno de los dedos o frutos).

5.9.1.10 Fisiopatías (Physiological Disorders) y Daños Físicos ⁴⁵

5.9.1.10.1 Daños por Frio (Chilling Injury)

En países tropicales el daño por frío es principalmente un problema de poscosecha. Muchos frutos, principalmente de origen tropical y subtropical, no toleran ser almacenados a temperaturas demasiado bajas, inferiores a (10 y 12 °C). El daño por frío se caracteriza por un pardeamiento interno o externo de la fruta (Aguacate, Banano, Mango) picado de la cáscara (Papaya, Melón, Cítricos) y por la incapacidad para madurar. Frutos con daño por frío se vuelven susceptibles a patógenos que normalmente no los dañarían, en ocasiones el daño por frío tiene su origen en temperaturas bajas durante el crecimiento de la fruta. Un ejemplo es el pardeamiento de la piña, el cual se origina comúnmente en el campo de algunos países subtropicales, donde la fruta crece en zonas en que la temperatura puede bajar de 10 °C. En el trópico el pardeamiento interno de la piña tiene su origen en el almacenamiento.⁴⁶

Por ejemplo, un daño moderado ocurre cuando los bananos en color verde pero maduros fisiológicamente se colocan una hora a 10°C (50°F), 5 horas a 11.7°C (53°F), 24 horas a 12.2°C (54°F), o 72 horas a 12.8°C (55°F). Las frutas dañadas por frío son más sensibles al daño mecánico⁴⁷.

^{43,45} Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

⁴⁶ ARAUZ, Luis F. Doctor en Fitopatología de la Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos.

^{47,43} Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

5.9.1.10.1.2 Abrasiones de la piel.

Aparecen cuando la piel se talla o se frota contra otras frutas o contra la superficie de los equipos de manejo o los envases para la transportación. Cuando se les expone a condiciones de humedad relativa baja (<90%), la pérdida de agua de las áreas dañadas se acelera y su color se torna de pardo a negro⁴⁸.

5.9.1.10.1.3 Magulladuras por Impacto.

La caída de la fruta puede producir pardeamiento de la pulpa sin evidencias de daño en la piel.

5.9.1.11 Enfermedades

5.9.1.11.1 Pudrición de la Corona (Crown Rot).

Esta enfermedad puede ser causada por uno o más de los siguientes patógenos: *Thielaviopsis paradoxa*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Colletotrichum musae*, *Deightoniella torulosa* y *Fusarium roseum*, los que atacan la superficie cortada de las manos. A partir del tejido enfermo el hongo se propaga hacia el cuello del dedo y con el tiempo, hacia la fruta.

5.9.1.11.2 Antracnosis (Anthracnose).

Causada por *Colletotrichum musae*, se vuelve evidente a medida que los bananos maduran, especialmente en heridas y aberturas de la piel.

5.9.1.11.3 Pudrición de la Cicatriz del Pedúnculo (Stem-end Rot).⁴⁹

Causada por *Lasiodiplodia theobromae* y/o *Thielaviopsis paradoxa*, los que entran a través del corte del pedúnculo o de la mano. La pulpa invadida se vuelve blanda y acuosa, de apariencia vítrea.

5.9.1.11.4 Pudrición Tipo Ceniza de Cigarro (Cigar-end Rot).⁵⁰

Causada por *Verticillium theobromae* y/o *Trachysphaera fructigena*. La porción dañada del dedo del banano se seca pero no cae sino que tiende a mantenerse

^{49, 49}. Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

adherida a la fruta, mostrando un aspecto similar a la ceniza de un cigarro que se consume.

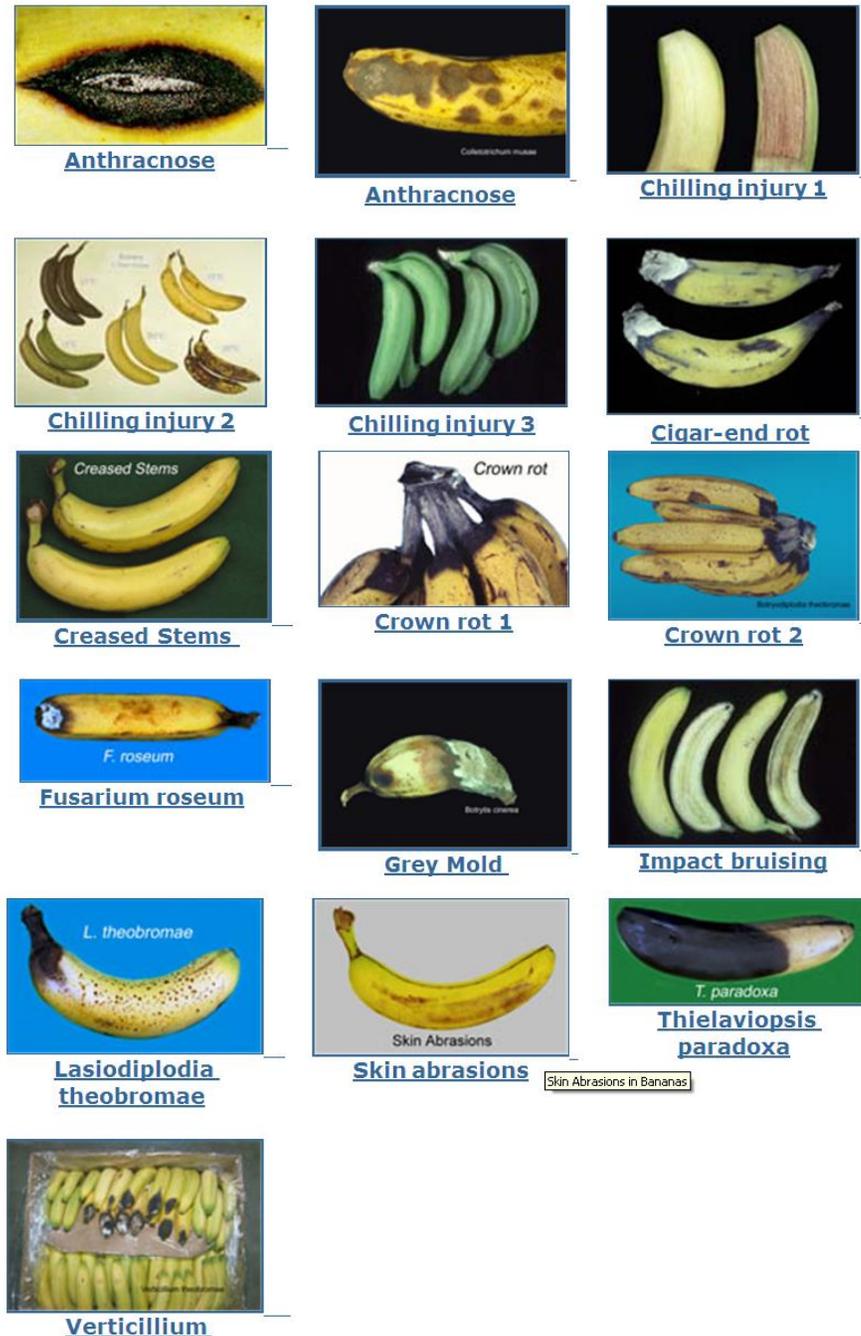


Figura 12, Enfermedades⁵¹

⁵¹ Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

5.9.1.12 Estrategias de Control.

Minimizar las magulladuras; rápido enfriamiento a 14°C (58°F); eficiente sanidad de las instalaciones para el manejo; tratamientos con agua caliente [por ejemplo, 5 minutos en agua a 50°C (120°F)] y/o fungicida (tal como el tratamiento con Imazalil) para el control de la pudrición de la corona.

5.9.2 MANGO

5.9.2.1 Generalidades⁵²

El mango (*Mangifera Indica*) pertenece a la familia Anacardiaceae, que incluye al rededor de 600 miembros. Es una fruta popular y conocida como el rey de las frutas. Se cree que es una de las frutas más antiguas cultivadas; su origen es encontrado en la región Indoburma. Su temperatura optima de crecimiento es aproximadamente 24°-27 °C, en suelos cuyo PH este alrededor de 5.5 – 7.5. Es una fruta climatérica que en estado de maduración ideal para el consumo dura pocos días.

Existen diversas variedades, Tommy, Haven, Ataulfo, Manila, Irwin, Diplomático, Esmeralda, Keitt, Manzana, Naranja, Oro, Piña canaria, Centation, Kent, entre otros.

El tamaño del fruto varia de 2.5 a 30 cm. de largo, su forma es ovalada o redonda con una semilla interior de tamaño significativo, crece en árboles de hojas de Perenne, presenta grandes variedades de tamaño y caracteres, el color depende de la región donde este cultivado, pero abarca mezclas, entre verde, amarillo y rojo.

^{52, 45}. Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

5.9.2.2 Composición del Mango⁵³

La semilla del mango abarca del 9 al 27 % aproximadamente del peso total de la fruta. El color de la piel y la pulpa varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez; es buena fuente de provitaminas.

La parte comestible del fruto total corresponde entre el 60 y 75%. El componente mayoritario es el agua, con un 84%. El contenido de azúcar varía de 10 a 20% y de proteínas de un 0.5%

El ácido predominante es el ácido cítrico, aunque también se encuentra el ácido Malico, Succinico, Uronico, Tartarico y Oxalico en cantidades menores.

5.9.2.3 Contenido Nutricional⁵⁴

El mango es una fruta popular y en su mayoría es consumido en estado fresco; ya que es considerado como una de las frutas tropicales más deliciosas, representa una importante fuente nutritiva por su contenido de vitaminas y minerales, en la Tabla 6 se muestra el contenido de nutrientes en promedio por 100 g.

Agua	81.7%
Calorías	66 cal
Proteínas	0.7 g
Grasas	0.4 g
Carbohidratos Totales	16.8 g
Fibra	0.9 g
Ceniza	0,4 g
Calcio	10 mg
Fósforo	13 mg
Hierro	0.4 mg
Sodio	7 mg
Potasio	189 mg
Vitamina A	4.800 UI
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	1.1 mg
Acido Ascórbico	35 mg

Tabla 6, Contenido Nutricional del Mango⁵⁵

53, 54 Tesis, Cambio en atributos sensoriales y degradación del ácido ascórbico en función de la temperatura en puré y néctar de mango. Presentada por: Victoria Milacatl Hernández, Universidad de Las Américas, Puebla (México D.F.)

5.9.2.4 Maduración

Una maduración adecuada al momento de la recolección, es indispensable ya sea para la venta del fruto fresco o para su procesamiento.

El mango si se recolecta demasiado verde se produce una maduración no normal y desarrolla arrugamiento de la piel, sabor, color, y aromas pobres. Aun si se usan maduradores artificiales como el acetileno o etileno, los cuales solo mejoran el color.

La mayoría de los cultivadores de mango se fijan en el cambio de tono de la piel, para recolectarlos, el cual va de verde embotado a olivo.

Debido a que el mango es una fruta climatérica, inmediatamente después de cosecharse, se empaca rápidamente, puesto que dura aproximadamente dieciséis (16) semanas y muestra su pico climatérico máximo alrededor de su cuarta semana.

5.9.2.5 Índices de Cosecha ⁵⁶

- Cambio de la forma de la fruta (llenado de los hombros).
- Cambio del color de la piel del verde oscuro al verde claro y al amarillo (en algunos cultivares). El color rojo de la piel de algunas variedades no es un buen indicador de su madurez de corte.
- Cambio del color de la pulpa del amarillo verdoso al amarillo o al anaranjado, dependiendo de los cultivares.

⁵⁶ Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Adel A. Kader, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616, Traducido por: Clara Pelayo, Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico D.F.

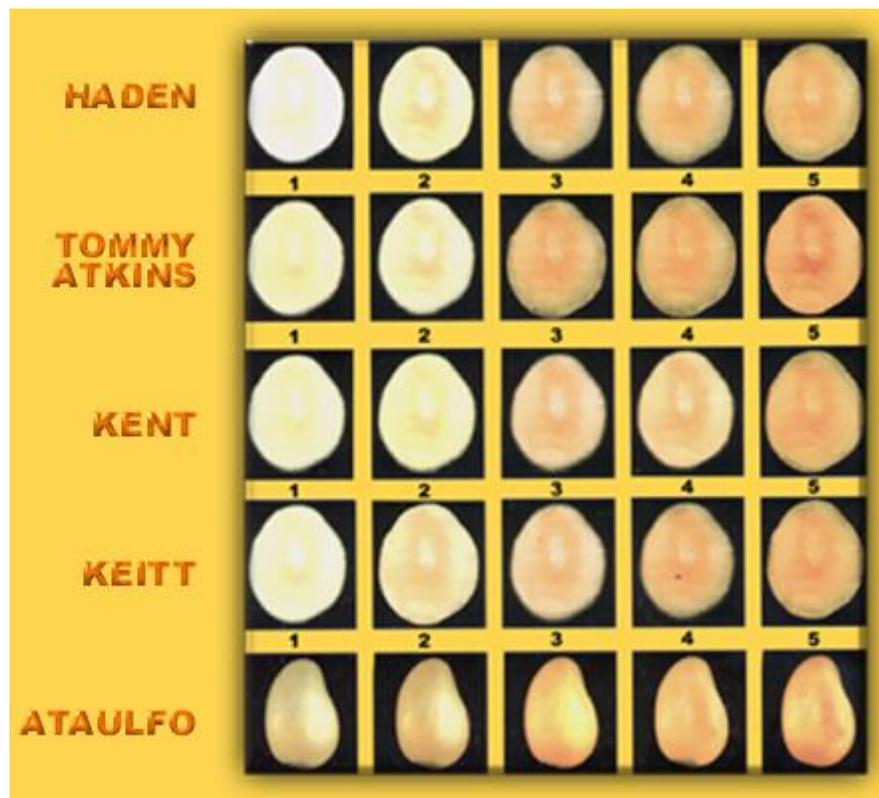


Figura 13, Etapas Maduración Mango. ⁵⁷

5.9.2.6 Índices de Calidad ⁵⁸

- Uniformidad de forma y tamaño; color de la piel (dependiendo del cultivar) y firmeza de la pulpa.
- Ausencia de pudriciones y defectos, incluyendo quemaduras de sol, quemaduras por látex, abrasiones de la piel, ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo, escaldado por agua caliente, daño por frío y daño por insectos.
- Los cambios asociados con la maduración incluyen la conversión del almidón a azúcar (aumento de dulzura), disminución de la acidez y aumento de carotenoides y compuestos aromáticos.
- Los diversos cultivares muestran grandes diferencias en cuanto a cualidades del sabor (grado de dulzura, grado de acidez, intensidad y cualidad del aroma) y textura (contenido de fibra).

^{57, 57} Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Adel A. Kader, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616, Traducido por: Clara Pelayo, Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico D.F.

5.9.2.7 Temperatura Óptima ⁵⁹

13°C (55°F) para mangos en el estado verde maduro (con madurez de corte o fisiológica).

10°C (50°F) para frutas con parcial o completa madurez de consumo

5.9.2.8 Humedad Relativa Óptima⁶⁰

90-95%

5.9.2.9 Tasa de Respiración

Temperatura	10°C(50°F)	13°C(55°F)	15°C(59°F)	20°C(68°F)
mL CO₂/kg·h	12-16	15-22	19-28	35-80

Para calcular el calor producido multiplique mL CO₂/kg h por 440 para obtener Btu/ton/día o por 122 para obtener kcal/ton métrica/día.

5.9.2.10 Tasa de Producción de Etileno

Temperatura	10°C(50°F)	13°C(55°F)	15°C(59°F)	20°C(68°F)
uLC₂H₄/kg·h	0.1-0.5	0.2-1.0	0.3-4.0	0.5-8.0

5.9.2.11 Efectos del Etileno ⁶¹

La exposición a 100 ppm de etileno por 12 a 24 horas a 20-22°C (68 a 72°F) y 90-95% de humedad relativa produce una maduración más acelerada (5-9 días) y uniforme de la fruta, dependiendo del cultivar y del estado de madurez. La

⁵⁹ Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Adel A. Kader, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616, Traducido por: Clara Pelayo, Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico D.F.

⁶⁰ Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Adel A. Kader, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616, Traducido por: Clara Pelayo, Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F.

⁶¹ Indicadores Básicos del Manejo Postcosecha de Banano (Plátano)<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Banano.shtml>

concentración de bióxido de carbono en los cuartos de maduración debe mantenerse a concentraciones inferiores al 1%.

5.9.2.12 Efectos de las Atmósferas Controladas (AC)

AC óptima: 3-5% O₂ y 5-8% CO₂.

La AC retrasa la maduración y reduce la respiración y la tasa de producción de etileno.

Vida potencial postcosecha a 13°C (55°F): 2-4 semanas en aire, 3-6 semanas en AC, dependiendo del cultivar y del estado de madurez.

La exposición a menos del 2% O₂ y/o a más del 8% CO₂ puede inducir alteración del color de la piel, pulpa grisácea y sabor desagradable.

5.9.2.13 Fisiopatías (Physiological Disorders) y Daños Físicos

- **Quemadura por látex (sapburn).** Color pardo-negro a negro de la piel debido al daño químico y fisiológico del exudado que emana al cortar el pedúnculo
- **Abrasiones de la piel.** Las abrasiones debidas al roce entre frutas o contra superficies rugosas produce cambios de color de la piel y una pérdida acelerada de agua.
- **Daño por Frio (chilling injury).** Los síntomas incluyen maduración heterogénea, desarrollo pobre de color y sabor, picado de la superficie, color grisáceo de la piel parecido al escaldado, aumento de la susceptibilidad a las pudriciones y, en casos severos, pardeamiento de la pulpa. La incidencia y severidad de esta fisiopatía dependen del cultivar, estado de madurez (los mangos más maduros son menos susceptibles) y de la temperatura y duración de la exposición.
- **Daño por calor (heat injury).** La exposición a temperaturas superiores a 30°C (86°F) por períodos mayores a 10 días provoca maduración heterogénea, moteado de la piel y sabor intenso. Cuando se excede el tiempo y/o la temperatura recomendados para el control de insectos y/o pudriciones se presentan también daños por calor (escaldado de la piel, moteado y maduración heterogénea); por ejemplo, en el tratamiento diseñado para el control de insectos, cuando la fruta se sumerge por más del tiempo recomendado (65-90 minutos, dependiendo del tamaño del mango) o el agua esta a más de 46.4°C (115.5°F), que es la temperatura recomendada.

- **Descomposición interna de la pulpa (internal flesh breakdown), ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo (stem-end cavity).** Se caracteriza por la descomposición de la pulpa y el desarrollo de cavidades internas entre la semilla y el pedúnculo. Esta fisiopatía es más frecuente en mangos madurados en el árbol.
- **Semilla gelatinosa (jelly-seed), maduración prematura (premature ripening).** Desintegración de la pulpa que rodea a la semilla en forma de una masa gelatinosa.
- **Punta blanda (soft-nose).** Ablandamiento del tejido del ápice o punta floral. La pulpa luce sobre madura y puede alterar su color y volverse esponjosa. Esta fisiopatía puede estar relacionada con deficiencia de calcio.

5.9.2.14 Enfermedades

- **Antracnosis (anthracnose).** Causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, comienza como una infección latente en fruta inmadura y se desarrolla cuando los mangos comienzan a madurar. Las lesiones pueden limitarse a la piel o pueden invadir y oscurecer la pulpa.
- **La pudrición de la cicatriz del pedúnculo por Diplodia (Diplodia stem-end rot).** Causada por *Lasiodiplodia theobromae*, afecta áreas dañadas mecánicamente del pedúnculo o de la piel. El hongo crece a partir del pedúnculo formando lesiones negras circulares alrededor del mismo.

5.9.2.15 Estrategias de Control

- Manejo cuidadoso para minimizar los daños mecánicos.
- Tratamiento con agua caliente: inmersión de los mangos por 5-10 minutos (dependiendo del tamaño de la fruta) en agua a $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ($122^{\circ}\text{F} \pm 4^{\circ}\text{F}$).
- Tratamiento con fungicidas poscosecha (Imazalil o Thiabendazole) solos o en combinación con el tratamiento de agua caliente.
- Mantenimiento de la temperatura y humedad relativa óptimas durante todos los pasos del manejo poscosecha.



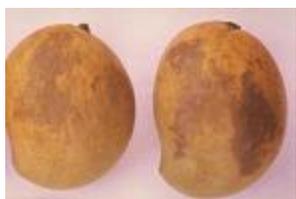
Anthracnose



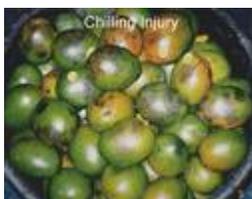
Anthracnose



Anthracnose Stem End Rot



Brushing Damage



Chilling Injury



Chilling Injury



Compression Damage



Heat Damage



Heat Damage



Hot Water Scald



Jelly Seed



Lasiodiplodia Rot



Lenticel Spotting



Sapburn Injury



Stem End Cavity

Figura 14, Enfermedades Mango ⁶²

⁶² Adel A. Kader Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616 (Traducido por Clara Pelayo Depto. Biotecnología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F.)

6 JUSTIFICACIÓN

Observando las ventajas geográfica que nos proporciona nuestra región, donde se desarrollan actividades agrícola comercial, de las frutas a considerar, Banano (*Musa AAA cavendish*) y el Mango (*Manguiфера indica*), en las que se genera gran cantidad de excedentes, llamados “Rechazos” que no reúnen las características adecuadas exigidas en los mercados internacionales, para su exportación, pero que es llevado al mercado nacional como fruta fresca a precios relativamente bajos.

A de mas la existencia de un numero considerable de Empresas y Microempresas dedicadas a la maduración de frutas y otras que usan la maduración dentro de su proceso productivo, de las cuales un gran porcentaje lo realizan de manera muy poco tecnificada o artesanal.

Basados en lo anterior se pretende diseñar y desarrollar un equipo que nos permitiera optimizar el proceso de maduración, conseguir productos con un alto grado de calidad, en un tiempo menor y que este al alcance de los productores locales.

El proceso de maduración de frutas, debido a lo delicado por ser productos perecederos y de consumo masivo, se le debe realizar un correcto seguimiento y control, los cuales realizados de manera manual, son desgastantes y no muy precisos; así que se evaluará incluir en el diseño dispositivos de medidas y control online.

El uso de generadores catalíticos de etileno, es uno de los métodos más eficientes para madurar frutas, ya que se obtienen con estos, productos de mayor calidad, en menor tiempo; pero estos son costosos y no comerciales en nuestro país, sumando a esto que funcionan exclusivamente con una mezcla producida por la misma compañía, aumentando el costo de producción a un punto no rentable para los maduradores Samarios.

7 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1 GENERAL

Diseño y construcción de un Generador Catalítico de Etileno para la maduración de frutas climatéricas Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*), enfocado a los requerimientos del mercado local.

2 ESPECÍFICOS

1. Analizar los procesos de maduración de frutas en empresas locales C.I. LA SAMARIA, DESHIDRATADOS Y MADURACIONES DEL CARIBE, MADURADORES ARTESANALES DEL MERCADO PÚBLICO DE SANTA MARTA.
2. Analizar los sistemas y métodos de maduración con Etileno.
3. Diseñar y construir el Generador Catalítico de Etileno, enfocado a los requerimientos del mercado local.
4. Realizar pruebas de maduración, para verificar el funcionamiento del Generador.
5. Evaluar la viabilidad técnica y económica, para la construcción y uso del Generador.

8 METODOLOGÍA

Para llevar acabo la investigación de los procesos de maduración de frutas en las empresas en el Distrito Turístico, Cultural e Histórico (D.T.C.H) de Santa Marta, se presentarán los métodos y técnicas que permitirán obtener la información requerida en la investigación propuesta. Para lo cual se determinaron una serie de fases en las cuales se abordaran y se detallaran paso a paso cada proceso metódicamente.

FASE I

Se analizaron los procesos y los equipos con que estas empresas contaban para el desarrollo de su proceso, a través de visitas y encuestas (Ver Anexo N°1).

FASE II

Se analizaron los sistemas y métodos de maduración con de Etileno, usados en la maduración de frutas, esto con el fin de obtener un conocimiento centrado y valido, en los cuales basarse al momento del diseño y construcción. Los ítems a investigar del tema fueron: Usos, componentes, constructores, precios, costos directos e indirectos.

FASE III

Se inicia el proceso de diseño y construcción, basados en las necesidades del mercado local, y aplicando a este sistemas de control avanzados, que brinden una producción de calidad y un precio razonable.

FASE IV

Se realizaron pruebas de maduración con Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*). Para verificar el funcionamiento del Generador.

FASE V

Se realizó un análisis de costos, el cual permitió determinar la viabilidad de su construcción y uso por parte de los pequeños productores locales de frutas maduras, que en el momento emplean mecanismos poco tecnificados, dando como resultado productos de bajo calidad.

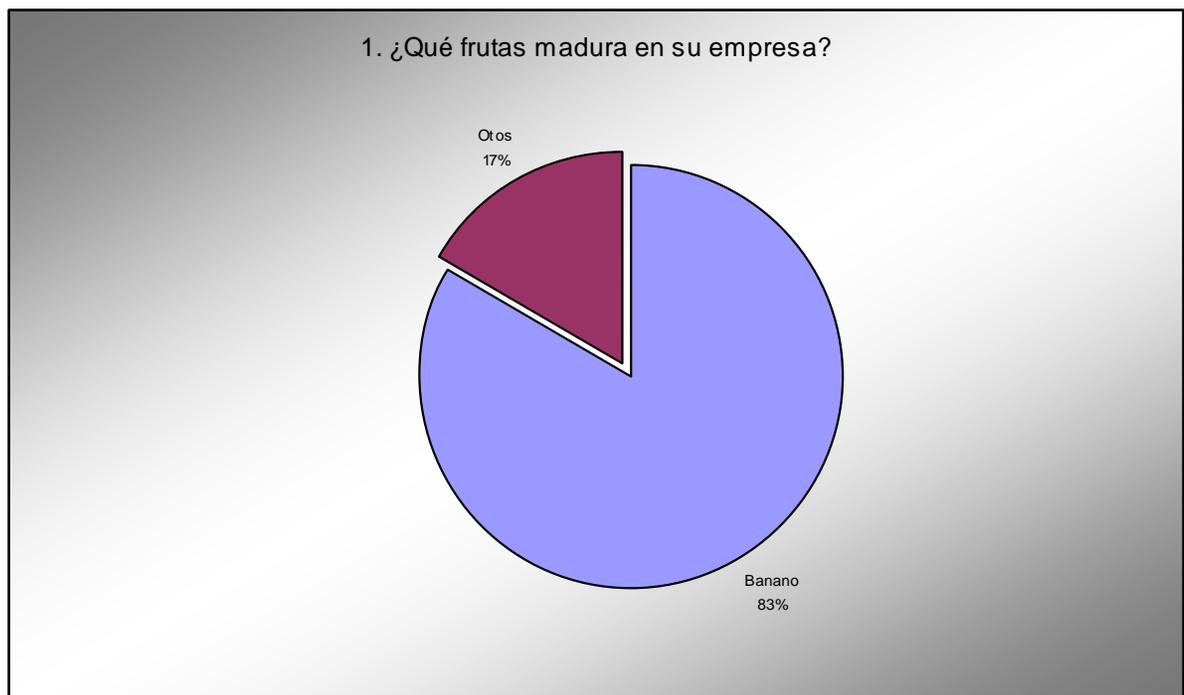
9 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE MADURACIÓN DE FRUTAS EN LAS EMPRESAS LOCALES (FASE I)

Se analizaron los procesos y los equipos con que estas empresas contaban para el desarrollo del proceso de maduración de frutas, a través de visitas y encuestas.

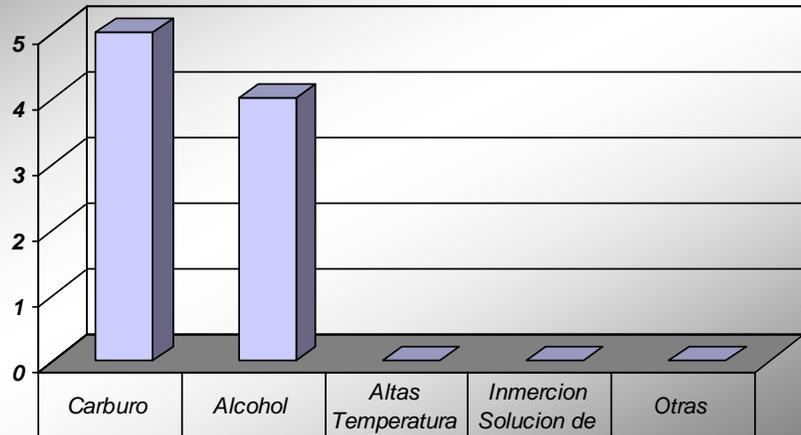
En la visita realizada a las empresas, se noto la falta de tecnificación de los procesos de maduración, en la mayoría de estas llevan a cabo su proceso de maduración usando carburo.

Por otra parte, la mayoría de estas empresas se dedican a la compra de Banano verde para su posterior maduración y venta, solo pocos venden la fruta en estado verde, y solo dos: DESHIDRATADOS DE FRUTAS LA SAMARIA Y DESHIDRATADOS Y MADURACIONES DEL CARIBE, maduran el producto para usarlo como materia prima en sus procesos.

A continuación se presenta un consolidado de la encuesta:



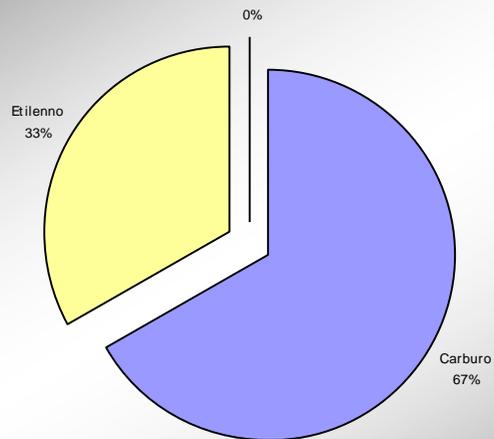
2. ¿Cuáles de las siguientes técnicas de maduración conoce?



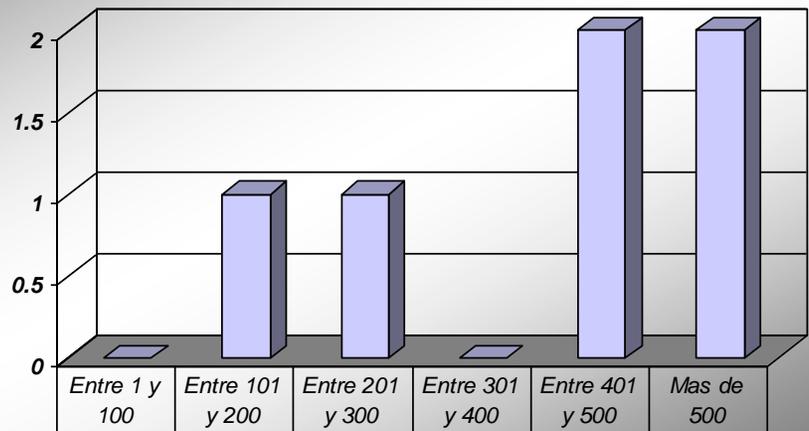
2. ¿Cuáles de las siguientes técnicas de maduración conoce?

5	4	0	0	0
---	---	---	---	---

3. ¿Qué técnicas de Maduración Usa?



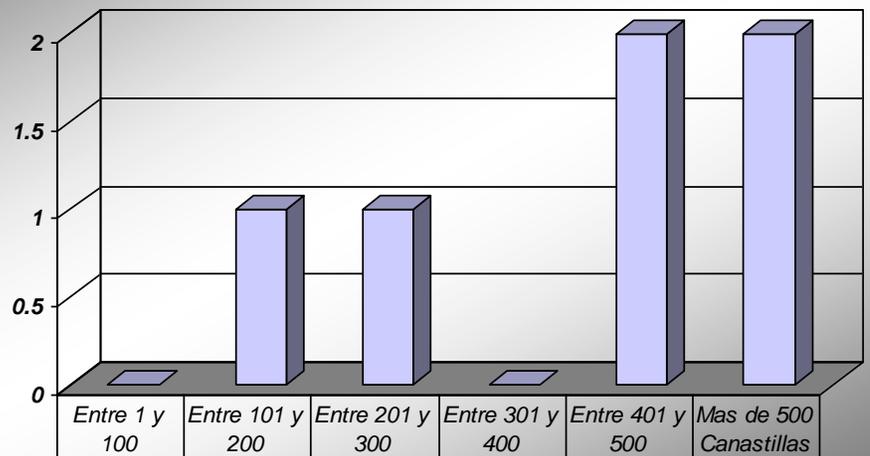
4. ¿Cuál es la capacidad instalada de su planta de maduración?



4. ¿Cuál es la capacidad instalada de su planta de maduración?

0	1	1	0	2	2
---	---	---	---	---	---

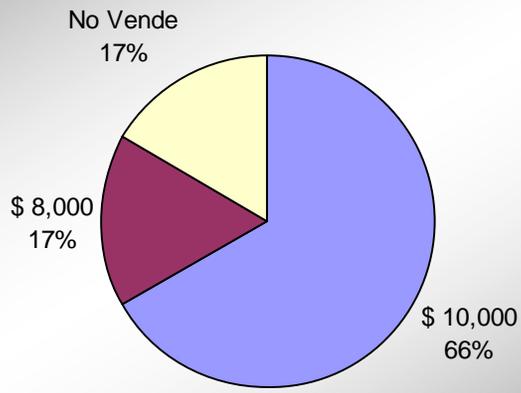
5. ¿Cuánto es la producción actual de suplanata?



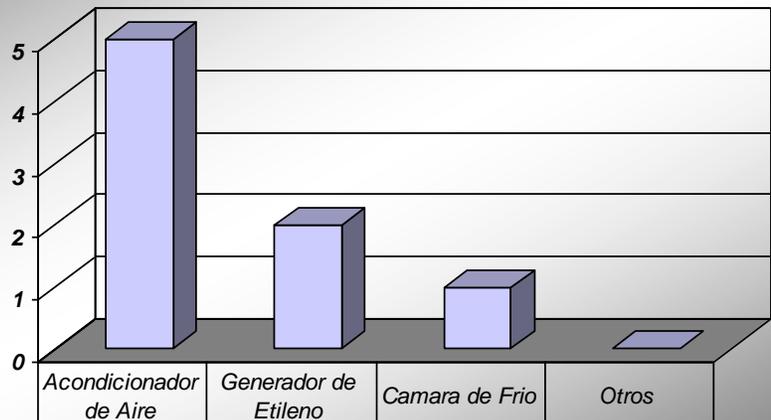
5. ¿Cuánto es la producción actual de suplanata?

0	1	1	0	2	2
---	---	---	---	---	---

6. ¿Cuál es el precio de venta al público de la fruta madura?

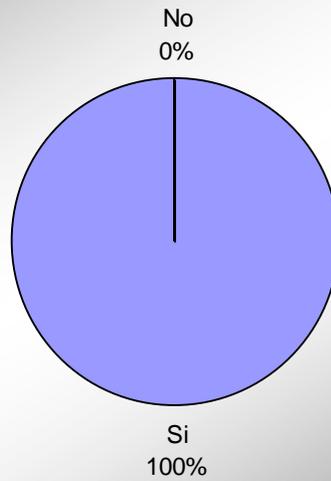


7. ¿Cuáles son los equipos que usa para el proceso de maduración?

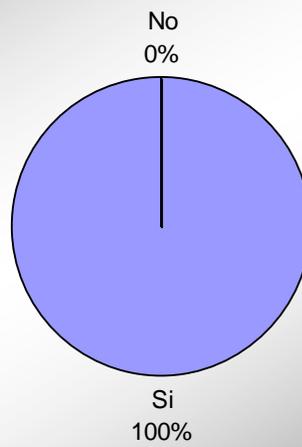


□ 7. ¿Cuáles son los equipos que usa para el proceso de maduración?

8. ¿Le interesaría acceder a nuevas tecnologías para la maduración de Frutas?



8. ¿Estaría interesado en la adquisición de un Generador de Etileno para la maduración de fruta a bajo costo?



10 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS Y MÉTODOS DE MADURACIÓN CON ETILENO. (FASE II)

Etileno es una hormona natural de las plantas. Afecta el crecimiento, desarrollo, maduración y envejecimiento de todas las plantas. Normalmente es producido en cantidades pequeñas por la mayoría de las frutas y vegetales. Muchas frutas producen grandes cantidades de etileno y resulta en una maduración uniforme cuando es expuesta a una fuente externa de etileno.

La acción del etileno es más lenta en temperaturas más bajas. A su más bajo nivel de temperatura, la fruta es básicamente inactiva y no responde bien al etileno aplicado externamente.

El proceso de maduración con etileno más sencillo es aquel en el cual se suministra el etileno comprimido en cilindros, ilustrado a continuación (Fig: 13)

Un pequeño ventilador para asegurar un flujo continuo y uniforme de etileno dentro y a través de la cámara, igualmente es necesario el hermetismo dentro para mantener temperaturas y concentraciones de etileno más uniformes a través del cuarto de maduración.

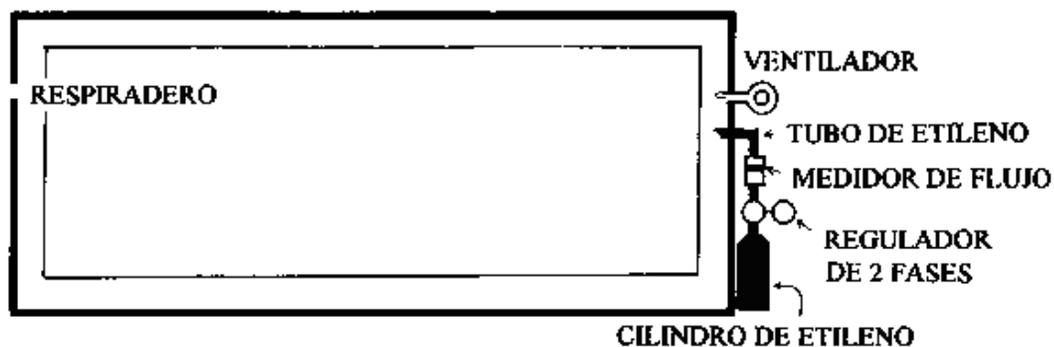


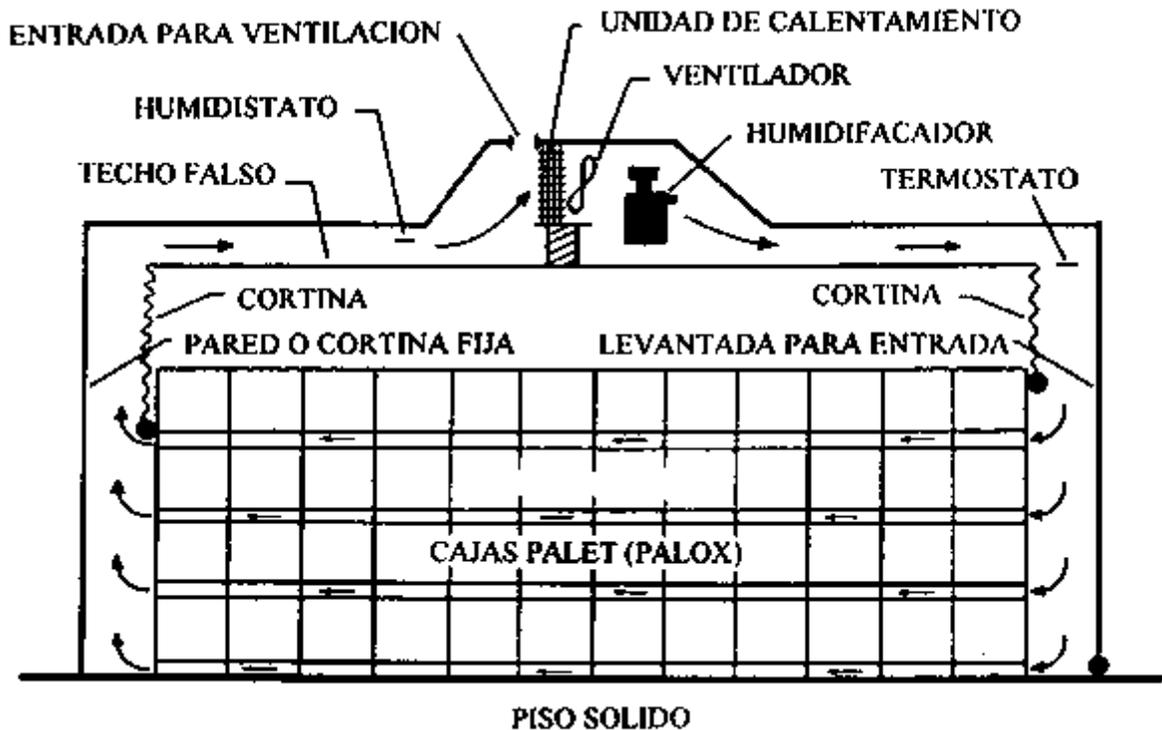
Figura 15, Cámara de Maduración Etileno Comprimido⁶³

La maduración puede también conseguirse con el uso del etileno que genera el etanol cuando pasa a través de un lecho de alúmina activada o mediante el uso de compuestos liberadores de etileno como el Ethepon (ácido 2-cloroetilfosfónico). Cuando se utiliza Ethepon en aerosol la cantidad de etileno liberada aumentará a medida que el pH y la humedad relativa aumentan.⁶⁴

⁶³ Fuente: Kasmire, R.F. 1981. Continuous flow ethylene gassing of tomatoes. California Tomatorama. Fresh Market Tomato Advisory Board Information Bulletin No. 29.

⁶⁴ Kays, S.J. and Beaudry, R.M. 1987. Techniques for inducing ethylene effects. Acta Horticulturae 201: 77-115.

La ilustración que se muestra es un cuarto para el desverdizado de cítricos en cajas palet (palox) El techo del cuarto es relativamente alto para permitir el apilado de al menos 4 cajas de altura. Un techo falso se coloca para proporcionar un movimiento de aire adecuado por el cuarto⁶⁵.

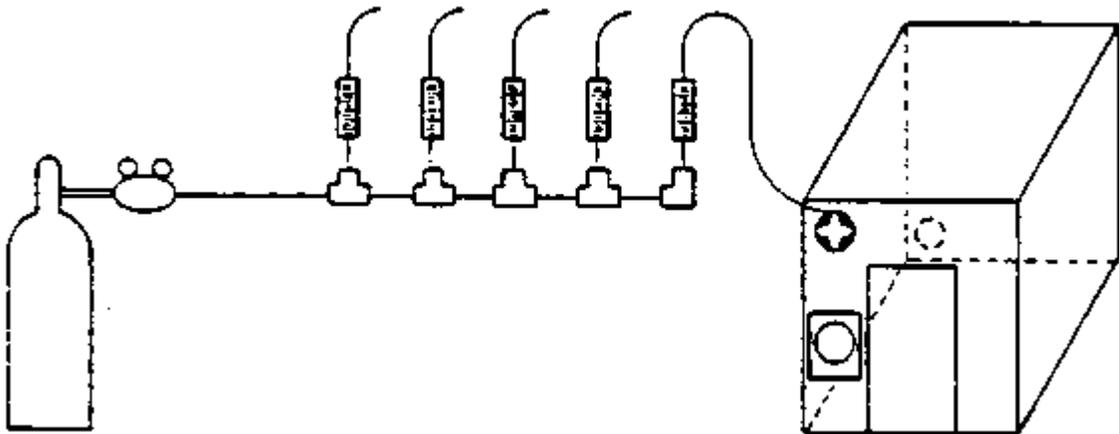


Varios cuartos pequeños de maduración pueden ser más útiles que uno solo de mayor tamaño para gestores a pequeña escala, dado que la cantidad de producto manipulado en destino puede variar de una vez a otra. En este caso, pueden diseñarse sistemas de flujo que permitan el uso de uno o más cuartos al mismo tiempo.

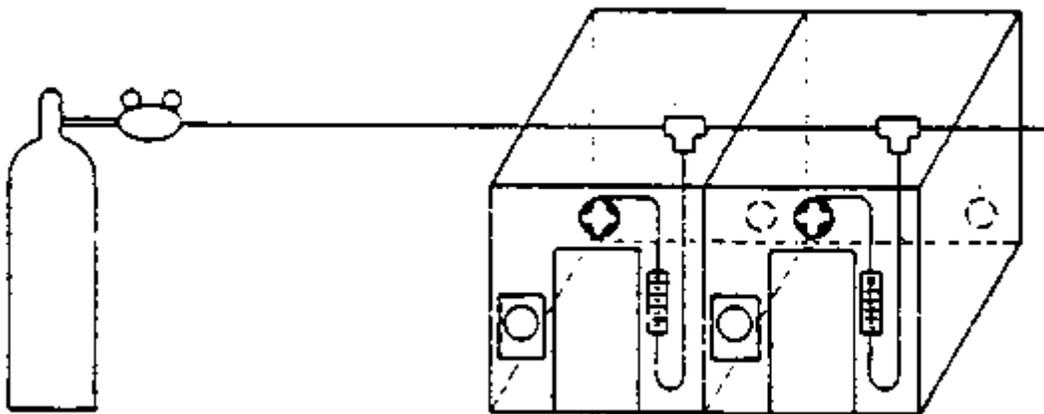
Los medidores de flujo pueden concentrarse en un punto de fácil control o pueden distribuirse en línea. En el primer caso se requiere de más tubería en comparación con su localización individual en cada cuarto de maduración. Para más información y detalles de cómo poner a punto un flujo a través de un sistema para maduración de fruta, ver Sherman y Gull (1981).

⁶⁵ USDA. Sin fecha. Modernizing Handling Systems for Florida Citrus from Picking to Packing Line. Agricultural Research Service Marketing Research Report No. 914.

Medidores de flujo en un solo punto.



Medidores de flujo localizados en cada cuarto de maduración



En la actualidad, los gestores a pequeña escala pueden alquilar instalaciones de maduración portátiles en un gran número de compañías en los Estados Unidos. El sistema autónomo portátil ilustrado a continuación tiene una capacidad de 20 tarimas, un gran flujo de aire y es sencillo de manejar. Los únicos requerimientos son una fuente de electricidad de 220 V.

⁶⁶ Sherman, M. and Gull, D.D. 1981. A flow through system for introducing ethylene in tomato ripening rooms. University of Florida / IFAS, Vegetable Crops Fact Sheet 30.

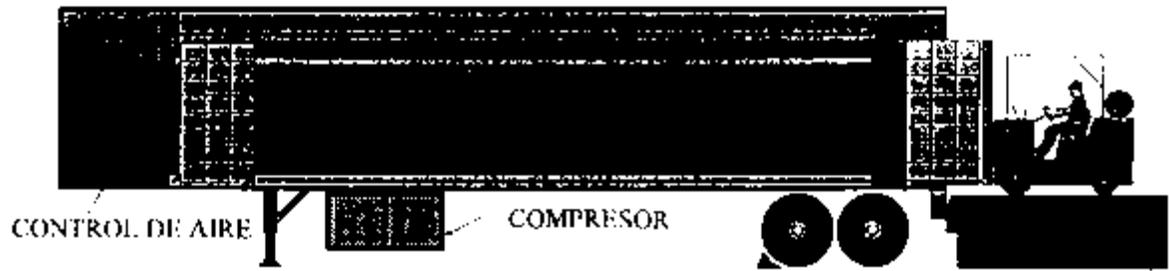


Figura 16, Instalación Portátil de Maduración

11 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR CATALÍTICO DE ETILENO, ENFOCADO A LOS REQUERIMIENTOS DEL MERCADO LOCAL. (FASE III)

1 OBTENCIÓN DEL ETILENO A TRAVÉS DE LA DESHIDRATACIÓN DEL ETANOL (ALCOHOL ETÍLICO)

Iniciamos la construcción de nuestro equipo analizando el proceso de deshidratación de Etanol para la obtención de Etileno.

DESHIDRATACIÓN DE ETANOL⁶⁷

El etanol es una materia prima importante en la industria química ya que se utiliza para la obtención de gran variedad de compuestos esenciales para la vida moderna. El etileno se produce principalmente por la vía petroquímica (Le Van Mao *et al.*, 1989), pero debido a que las reservas de petróleo cada vez son menores, el desarrollo de rutas alternativas para preparar etileno sigue siendo de gran interés. (Winter y Eng, 1976; Tsao y Reilly, 1978; Coutinho y Cabral, 1981; Phillips y Datta, 1997).

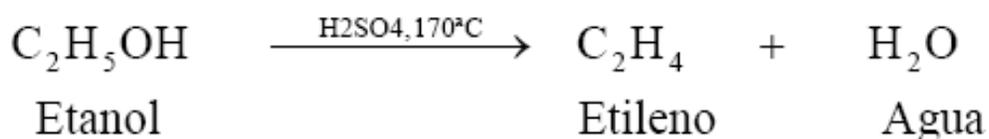
El etileno también se obtiene por deshidratación catalítica de etanol acuoso procedente de la transformación fermentativa de biomasa a partir de recursos naturales renovables (Winter y Eng, 1976; Tsao y Reilly, 1978; Coutinho y Cabral, 1981; Le Van Mao *et al.*, 1987; Le Van Mao *et al.*, 1989; Le Van Mao *et al.*, 1990; Phillips y Datta, 1997). La deshidratación catalítica heterogénea de etanol para producir etileno se ha estudiado con diferentes catalizadores.

Algunos trabajos y patentes reportan la alúmina como uno de los materiales de mejor desempeño para esta reacción, ya que al alcanzar su temperatura de reactivación (177 a 316 °C), esta se vuelve porosa y absorbente, permitiendo la separación de la molécula de agua presente en etanol, esta no es corrosiva ni toxica y tiene una gran resistencia mecánica; retiene aproximadamente el 10% de la humedad antes de que comience a decrecer su eficiencia de secamiento. (Winter y Eng, 1976; Tsao y Reilly, 1978; Tsao y Zasloff, 1979; Winnick, 1980; Shinohara *et al.*, 1997; Bakoyannakis *et al.*, 2001; Doheim y El-Shobaky, 2002; Doheim *et al.*, 2002)⁶⁸.

⁶⁷ José Luis Agudelo, Consuelo Montes, Deshidratación catalítica de etanol a etileno sobre HMOR y HZSM-5 modificada con hierro y cobre (Colombia 2008)

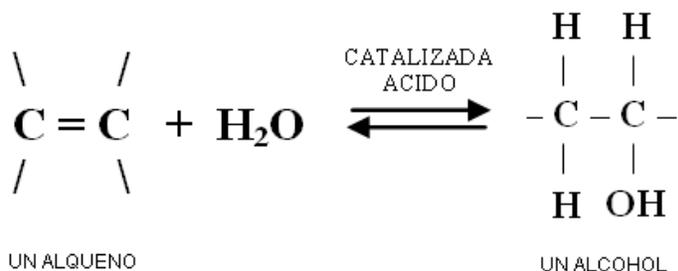
Sin embargo, cuando se usa alúmina se suelen requerir altas temperaturas y el material se desactiva por la formación de coque (Pargal y Kanga, 1964; Tsao y Reilly, 1978; Phillips y Datta, 1997).

A modo de ejemplo presentamos la reacción química del etanol en presencia de ácido sulfúrico, con base a la temperatura requerida para la obtención de etileno.



Amen de lo anterior exponemos la reacción química del alcohol etílico en presencia de alfa alumina, para la obtención de etileno.

La formación de Eteno o Etileno a partir de etanol es un caso de la deshidratación catalizada con ácido de alcoholes para dar alquenos, ya que las reacciones de hidratación y deshidratación son reversibles. Las reacciones de hidratación de un alqueno y deshidratación del alcohol son competitivas y existe el siguiente equilibrio entre ellas:



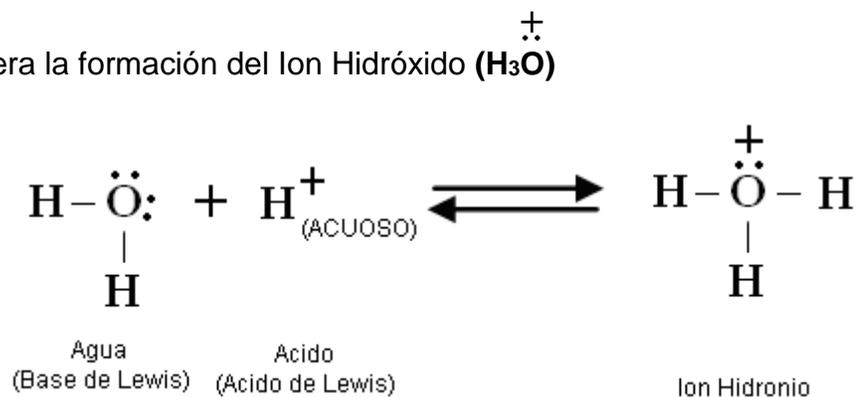
La presencia de una gran cantidad de agua (uso de ácido acuoso diluido) favorece la formación del alcohol, mientras que la escasez de agua (el uso de ácido concentrado) o las condiciones experimentales donde se retira agua (calentamiento de la mezcla de reacción a más de 100 °C) favorecen la formación del alqueno. Así, dependiendo de las condiciones experimentales, es posible usar el equilibrio de hidratación – deshidratación para preparar alcoholes o alquenos, cualquiera de ellos con alto rendimiento.⁶⁹

⁶⁹ (Brown H. William. 2002. Introducción a la Química Orgánica. Compañía Editorial Continental. México, DF. (Pág. 551.))

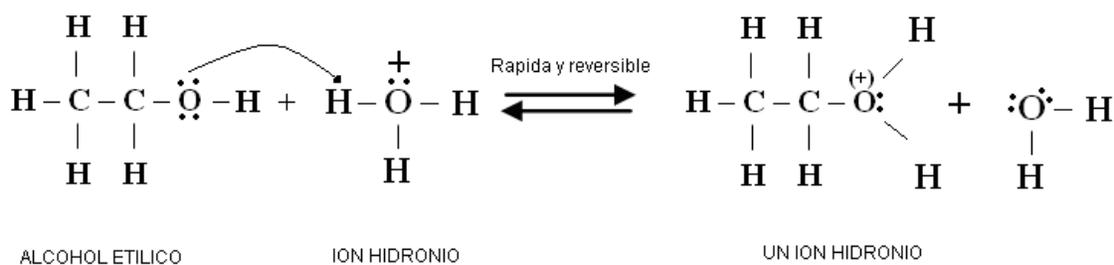
En la presente investigación se utilizó como catalizador el trióxido de sesquióxido de aluminio, un ácido de Lewis, una especie que puede formar un nuevo enlace covalente aceptando un par de electrones y cuyo mecanismo de deshidratación puede ser explicado en dos pasos:

Paso 1:

Se considera la formación del Ion Hidróxido (H_3O^+)

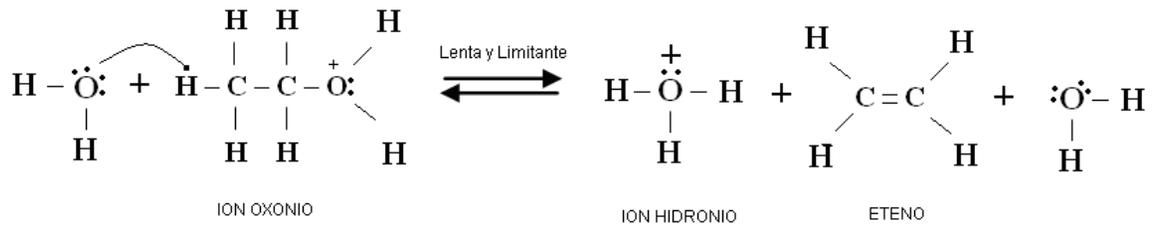


Transferencia de un protón desde H_3O^+ al grupo OH del alcohol para dar lugar a un Ion Oxonio:



Paso 2:

La eliminación simultánea de Hidrogeno del Carbono 2 y de OH₂ del Carbono 1, da lugar al alqueno:



Basados en este principios, y los estudios relacionados, nos encaminamos a la construcción del equipo que permita generar pequeñas cantidades de etileno, con un costo de construcción razonable enfocado al mercado local.

2 *Materiales Y Métodos.*

Para la construcción del generador catalítico de etileno se utilizaron los siguientes materiales:

- ½ Lamina en acero inoxidable N° 20.
- Resistencia eléctrica tubular de 115 voltios a 120 watts.
- Tubo de cobre de 1" y de ¼"
- Dos abrazaderas de ¼"
- Electro-válvula de 115 Voltios.
- Sensor de temperatura de 180 °C
- Un transformador de 115 Voltios a 12 Voltios.
- Circuito electrónico. (Soldadura, placa baquelita, elementos, etc.)
- Selector de 4 posiciones
- Un interruptor.
- Fusible de 10 Amperios.
- Un recipiente para almacenamiento del alcohol etílico.
- 20 cm. de manguera 1/4" de alta temperatura.
- Remaches.
- Granallas de alfa alumina (AL_2O_3).
- Alcohol etílico.

3 CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR

La construcción de este generador se baso en el método de LEWIS deshidratación de etanol en presencia de alfa alumina, el cual consiste en hacer pasar el vapor del alcohol sobre un catalizador corriente (Alumina) a temperaturas elevadas siendo este el principio del funcionamiento del generador.

11.3.1 SUMINISTRO DE ETANOL (ALCOHOL ETÍLICO)

El etanol se encuentra depositado en un recipiente con capacidad de 1 litro, ubicado en la parte superior del equipo (*ver Figura 18*), construido en lámina N° 20 en acero inoxidable.

La cantidad de etanol introducida al sistema de deshidratación es regulada a través de una Electro-válvula de ¼" a 115 Voltios, la cual se controla por un circuito electrónico, que envía pulsos eléctricos permitiendo abrir y cerrar el paso del etanol líquido.

11.3.2 CIRCUITO ELECTRÓNICO

Para controlar el sistema era necesario un temporizador que regulara el paso de etanol en función del tiempo.

Para calcular la frecuencia y el tiempo de activación de la electroválvula, fue necesario conocer el caudal en la tubería de suministro. Este fue calculado, a través de muestreo del paso de una cantidad conocida de etanol.

Se calculo el tiempo necesario para evacuar 1 litro de Etanol, dando como resultado una duración de 32 segundos.

Partiendo de esto:

1 litro = 1000 ml

Se tarda 32 segundos en evacuar 1000 ml de etanol

Lo que es igual a 31.25 ml/seg

Cada pulso tiene una duración de 0.2 seg, es decir, la electroválvula se abre durante este intervalo, permitiendo el paso a:

$$31.25 \text{ ml/seg} \times 0.2 = 6.25 \text{ ml/pulso}$$

Concluyendo que a una rata promedio de 6.25 ml/pulso, se necesita 160 repeticiones para procesar 1000 ml

$$1000 \text{ ml} / 6.25 \text{ ml/pulso} = 160 \text{ pulsos}$$

Se construye el circuito electrónico con el integrado 555, el cual permite ser regulado fácilmente, este circuito es un temporizador estándar, programable, que puede emitir pulsos que van desde 1 segundo hasta horas de duración, según el tipo de condensadores y de las resistencias utilizadas.

En este caso se utiliza un selector de 4 posiciones que actúa como resistencia para modular la frecuencia de los pulsos, con duraciones de 0.2 seg., de la siguiente manera:

Posición 1: En esta posición el circuito envía pulsos eléctricos en intervalos de cuarenta y cinco segundos (45 seg.)

Posición 2: Intervalos de treinta segundos (30 seg.)

Posición 3: Intervalos de quince segundos (15 seg.)

Posición 4: Intervalos de cinco segundos (5 seg.)

Esto bajo la condición que la temperatura de la cámara halla alcanzado el nivel necesario para activar la Alumina (177 °C), esta condición es garantizada por el sensor de temperatura, ya que seria inútil ingresar etanol a la cámara sin que se haya alcanzado la temperatura de evaporación y de activación de la alumina.

CAPACIDAD DE LA CÁMARA DE MADURACIÓN EN Ft³	TIEMPO (hrs.)
1.000 Ft ³ - 3.000 Ft ³	60
3.001 Ft ³ - 4.000 Ft ³	48
4.001 Ft ³ - 5.000 Ft ³	36
5.000 Ft ³ - 7.000 Ft ³	24
7.000 Ft ³ - 10.000 Ft ³	12

11.3.3 SISTEMA DE DESHIDRATACIÓN DEL ETANOL

El sistema de deshidratación está compuesto por el tubo de cobre de 1" de diámetro, dentro del cual se lleva a cabo el proceso de evaporación del etanol. A través de transferencia de calor, suministrado por la resistencia eléctrica tubular de 115 voltios a 120 watts, capaz de alcanzar temperaturas de hasta 300 °C, que atraviesa longitudinalmente el tubo de cobre (*ver Figura 18*),

La función del tubo además de contener la resistencia, es la de servir de depósito a las granallas de alumina, que funcionan como catalizador.

Cuando la temperatura de la cámara es suficiente para evaporar el etanol (78 °C) y de activar la alumina (177 °C), la electroválvula es activada, permitiendo el paso de etanol hacia la cámara, donde se convierte en etileno ya que se separa una molécula de agua, con la ayuda de la alumina.

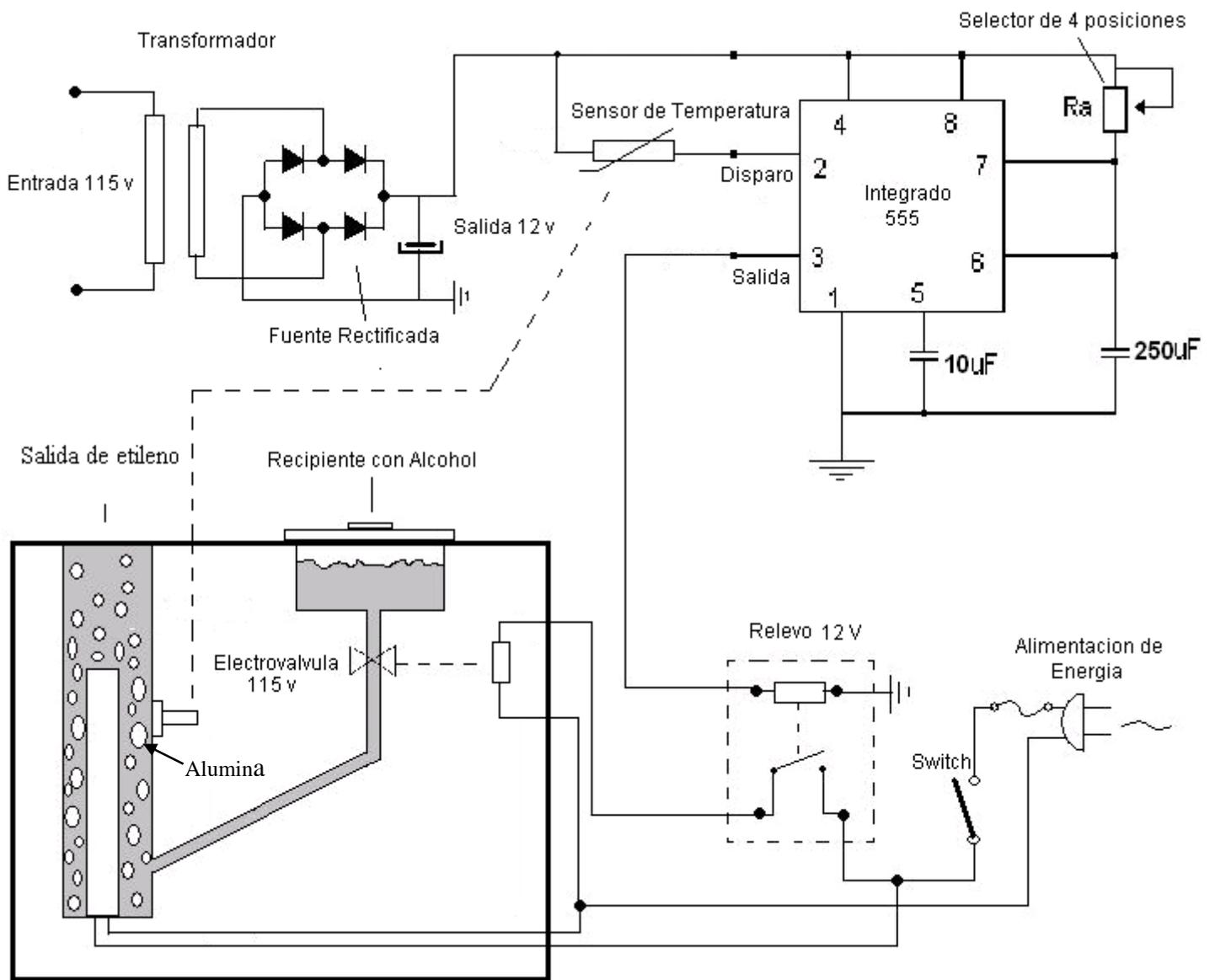


Figura 17, Esquema Generador Etileno

4 Manual de operaciones.

Para que el generador pueda producir etileno requiere de Etanol, el cual se debe depositar en el recipiente ilustrado en la (Figura 19) que posee una capacidad de un litro.

Posteriormente de haber llenado el recipiente debemos tener en cuenta que la tapa quede bien cerrada, luego establecemos la posición de el selector dependiendo el tamaño de la cámara de maduración ver (Figura 19).

Procedemos a encender el generador, colocando el interruptor en la posición de encendido "ON".

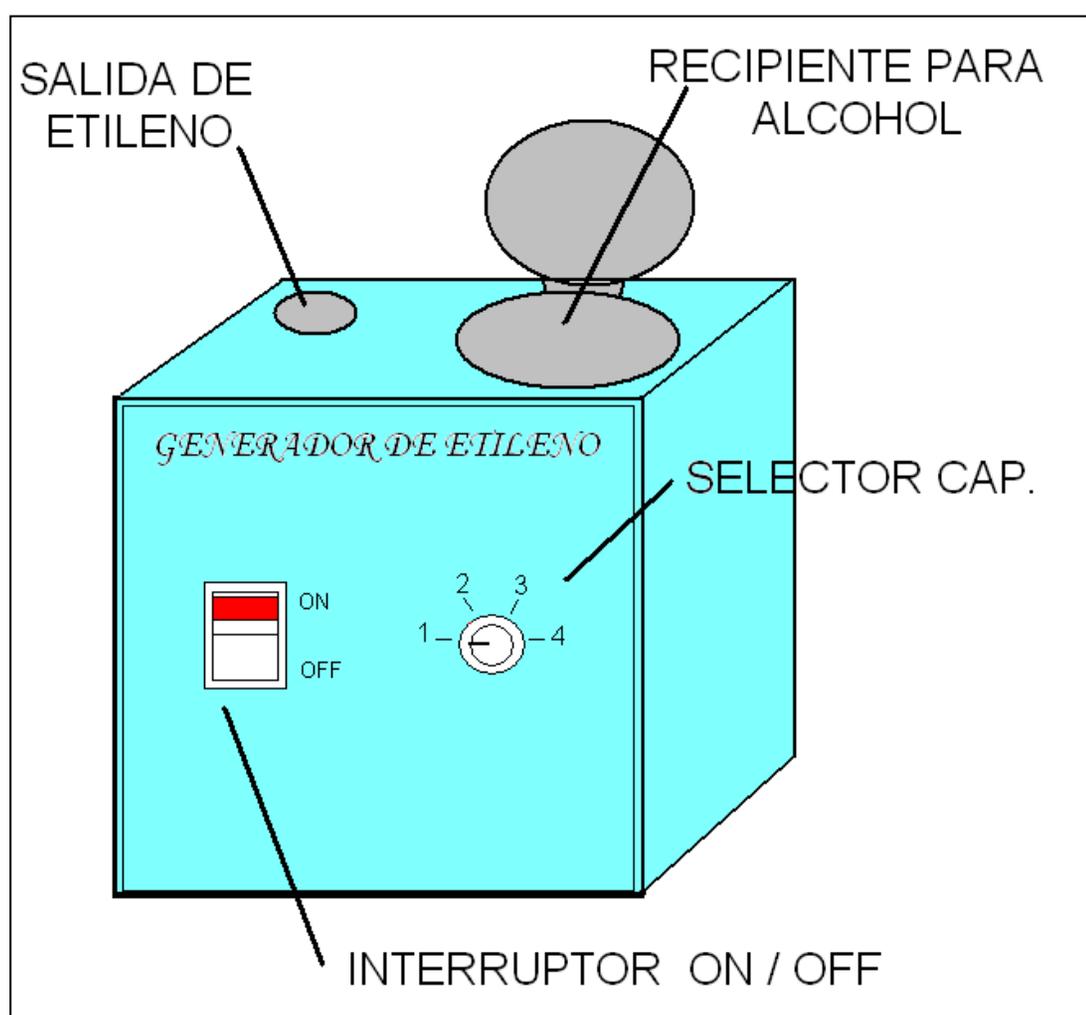


Figura 18, Vista del Generador de Etileno.

5 Manual de Mantenimiento del Generador de Etileno.

Se trata de la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.⁷⁰

Las especificaciones y descripciones contenidas en este manual son las consideradas ideales por el fabricante. Este manual solo sirve como referencia para inspeccionar o dar mantenimiento preventivo a su generador, si se presenta algún problema solicite un servicio técnico confiable y calificado.

11.5.1 Recomendaciones previas.

Cuando inspeccione el generador o realice alguna operación de mantenimiento, tenga cuidado para evitar lesiones personales o posibles daños al equipo y por favor siga cuidadosamente las siguientes recomendaciones.

- No manipule el generador mientras este caliente. Apáguelo y deje que se enfríe antes de efectuar alguna operación con el.
- No conecte ni desconecte ningún componente del generador cuando el interruptor este encendido o en la posición "ON".
- No acerque materiales inflamables a la resistencia del generador.
- Evite producir chispas o llamas cerca al depósito de alcohol.
- Tenga cuidado de no producir un corto circuito cuando inspeccione internamente los cables eléctricos.

Tenga en cuenta que las operaciones de mantenimiento incorrectas o incompletas pueden ocasionar problemas en el rendimiento de su generador.

⁷⁰ <http://www.solomantenimiento.com/articulos/programa-mantenimiento.htm>

11.5.2 Rutina de Mantenimiento Preventivo.

LISTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO	
OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD
Efectuar inspección de condiciones físicas del equipo.	Siempre que se utilice
Revisar y limpiar el orificio de salida del generador.	Siempre que se utilice
Efectuar limpieza integral externa del equipo.	Siempre que se utilice
Inspeccionar el chasis del equipo.	Siempre que se utilice
Efectuar limpieza integral interna del equipo.	Semestral
Revisar cable de alimentación.	Siempre que se utilice
Verificar el funcionamiento del selector de 4 posiciones.	Semestral
Inspeccionar que el fusible se encuentre en buen estado.	siempre que presente falla de alimentación eléctrica
Chequear si el termostato regulable cumple con los tiempos prefijados.	Semestral
Verificar el funcionamiento del equipo.	Siempre que se utilice

12 Pruebas De Maduración, Para Verificar El Funcionamiento Del Generador

Se realizo prueba de maduración, iniciando el día 10 de octubre del 2008, en la planta piloto de la Universidad del Magdalena, ubicada en el corregimiento de Taganga.

Equipos e instalaciones:

- **Generador de Etileno Construido (En prueba)**

- **Cámara:**

La prueba fue realizada en una cámara hermética con un volumen de 52,5 m³ (3 x 7 x 2.5),
Con pisos y paredes enchapadas en losa, hasta una altura de 1,8 m, y cielo raso en madera.

Una vez ubicado la cámara procedimos al proceso de maduración que consistió en instalar el generador de etileno con un litro de alcohol etílico durante 12 horas continuas con el propósito de inundar la cámara de etileno, con el fin de acelerar la maduración de las frutas mango y banano, transcurrido este lapso de tiempo, se retiro el generador y las frutas en exposición con etileno se sometieron un proceso de temperaturas que oscilaron entre 16 y 18 °C, para obtener la coloración característica de cada fruta.

Dependiendo del grado de temperatura de exposición de las frutas es necesario someterla a rangos 58 F a 64 F, para determinar la maduración y coloración deseada (Ver tabla 5).

- **Aire Acondicionado:**

Se utilizo aire acondicionado de ventana de 12000 BTU. Marca Toshiba modelo Rad- 30 EVP.

- **Balanza Analítica.**

La balanza analítica marca JAVAR, fue utilizada para determinar el peso de la fruta y sus componentes (cáscara, semilla y desechos).



- **Balanza de humedad.**

Este equipo marca MB85 Halogen, fue necesario para determinar el nivel de humedad de las muestra.



- **Horno Mufla.** Este equipo marca **Terrigeno ML2.** fue utilizado para determinar el porcentaje de ceniza, el producto se incinera en la mufla.



El equipo para efectuar el análisis incluye lo siguiente:

- ✓ Botón para encender.
 - ✓ Regulador de temperatura.
 - ✓ Termómetro.
 - ✓ Palanca para abrir y cerrar la puerta. Esta palanca tiene un contrapeso en su extremo, que asegura el cierre del horno.
- **Refractómetro.** Este equipo tipo Abbe se utilizó para determinar el índice de refracción y el grado Brix necesarios para calcular el contenido de sólidos solubles en el producto.



Este aparato está equipado con compensadores de luz, que eliminan las ondas no se requieren para medir la refracción.

El equipo para efectuar el análisis incluye lo siguiente:

- ✓ Termómetro
- ✓ Entrada de agua hacia el termostato
- ✓ Fuente de luz
- ✓ Tapa que impide la entrada de luz.
- ✓ Botón del compensador para calibrar la luz.
- ✓ Botón para enfocar el instrumento.
- ✓ Entrada de luz para alumbrar la escala.
- ✓ Campo visual del ocular.

- **Potenciómetro.** Este equipo marca Metrohm, fue utilizado para obtener medidas exactas del pH que presentó la fruta en cada estado de maduración.



La escala de medición va desde cero (0) a catorce (14), conteniendo la escala de cero (0) a siete (7) todos los productos o sustancias identificadas como ácidos y la escala que va del siete (7) a catorce (14), las sustancias alcalinas o básicas; Siete (7) es el valor neutro (ni ácido, ni básico).

1 *Calculo de propiedades del Banano por día de maduración*

12.1.1 Determinación de los grados Brix.

Para establecer los grados Brix, se tomaron muestras representativas de cada uno de los grados de maduración del banano, se maceraron hasta obtener una gota de jugo.

Posteriormente mantuvo la temperatura de los prismas a 20°C, luego se abrieron los prismas y se colocó una gota de jugo. Los prismas se cerraron y se abrió la entrada de luz.

En el campo visual se vio una transición de un campo claro a uno oscuro. Con el botón compensador se estableció el límite de los campos, lo más exacto posible. Con el botón calibrador se fijó el límite en la cruz de las diagonales del cuadro superior. En el cuadro inferior se leyó el índice de refracción y los grados Brix.

12.1.2 Determinación de porcentaje de acidez

Se tomaron las frutas representativas de cada uno de los grados de maduración, se maceraron hasta obtener un zumo suficiente, luego fue depositado en un beaker y se tomó la lectura de la acidez con el Potenciómetro marca Metrohm.

12.1.3 Determinación de grasa⁷¹

La determinación de la grasa se realizó mediante el método de Hubbard y Shepard. Descrito a continuación.

Se pesaron 2 gramos, de cada muestra Banano (*Musa AAA cavendish*) Y Mango (*Mangifera indica*), en la balanza electrónica Mettler Toledo, luego se colocó en un embudo de separación y se homogenizó, agitando durante 2 minutos con 40 ml de la mezcla de cloroformo- metanol (1:1) en proporción de 20 veces el volumen de mezcla en relación al peso de la muestra.

Una vez homogenizadas, las muestras fueron filtradas. Cada extracto se lavó con el 20% de su volumen con agua destilada y dejó reposar durante 45 minutos, recolectándose la capa inferior. Esta capa de cada muestra fue colocada en la

⁷¹ B.A. BURLINGAME Y U.R. CHARRONDIERE. 2003. Datos de Composición de Alimentos. Obtención, Gestión Y Utilización, H. Segunda edición.

estufa de desecación a temperatura de 90°C, con el fin de volatilizar la mezcla cloroformo-metanol, quedando como residuo la grasa extraída.

El recipiente se dejó enfriar y colocó en el desecador de porcelana por ocho minutos. Luego se pesó y por diferencias se calculó el contenido.

$$\text{Grasa (g/100g)} = \frac{(\text{Peso crisol (g) + grasa (g)} - \text{peso del crisol vacío (g)})}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

12.1.4 Determinación de humedad

Para determinar la humedad se pesaron aproximadamente 2.0 gramos, que fueron colocados en el plato de la balanza de humedad MB85 Halogen, programándola a temperatura de de 105 °C, para la lectura.

12.1.5 Determinación de proteínas⁷²

Se determino mediante el método de Kjeldahl - Arnold. A continuación descrito.

a) Digestión

Se pesaron de 2,0 g de la muestra, colocándolos en un balón Kjeldahl agregar 10.0 g de mezcla y 15,0 cm³ de H₂SO₄ comercial y poner en digestión en los digestores Kjeldahl de 500 a 800 cm³ hasta que aclare completamente (color verde claro).

Dejar enfriar completamente y agregar 240 cm³ de agua destilada.

b) Destilación.

El destilado se recibe sobre 100 cm³ de ácido bórico en un balón o erlenmeyer de 500 cm³

⁷² B.A. BURLINGAME Y U.R. CHARRONDIERE. 2003. Datos de Composición de Alimentos. Obtención, Gestión Y Utilización, H. Segunda edición.

Se agregaron al balón Kjeldahl 75 cm³ de soda comercial (sin agitar) y unas pocas granallas de cinc, luego colocar cuidadosamente en destilador Kjeldahl, con el calentador previamente prendido y el balón para recibir el destilado, previamente colocado en el destilador.

Se ajustó el tapón de la trampa de destilación y agito cuidadosamente. No se debe omitir el abrir el agua de refrigeración. La destilación no debe ser muy rápida, pues el amoniaco no alcanza a solubilizarse en el ácido bórico produciéndose el escape de este.

Se mantuvo el calentamiento hasta que ya no se detecto desprendimiento de amoniaco por medio de papel tornasol en 1 gota del destilado. Debe tenerse otro recipiente con agua destilada para lavar el tubo de inmersión sobre la solución de bórico y sumergirlo en agua una vez terminada la destilación. Retirando el balón con el borato de amonio.

Se retiró el calor sin desconectar el equipo. Por enfriamiento el agua de lavado ascendió hasta el balón, permitiendo mantener limpio el equipo de destilación.

12.1.6 Determinación de carbohidratos.⁷³

Se determino por diferencia la cual se tomo el valor de las proteínas, grasas y humedad de los resultados de cada una de las muestras de Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*), y se les resto a 100 gramos, ya que cada ítem de los mencionados anteriormente como todos los demás en un análisis porcentual se realizan con base en cien gramos (100)

⁷³ CITA. 1995. Maduración artificial del banano y determinación de una escala según grado de madurez. (Centro de Investigación en Tecnologías de Alimentos)

ESCALA DE MADURACION DEL BANANO							
GRADOS DE MADURACION	1	2	3	4	5	6	7
CARACTERISTICAS							
COLOR CASCARA	VERDE	VERDE OPACO	VERDE PINTAS AMARILLA	AMARILLO PINTAS VERDES	AMARILLO PUNTA VERDE	AMARILLO COMPLETO	AMARILLO CON PINTAS MARRON
PROTEINA	0,21	0,23	0,37	0,43	0,87	1,08	1,17
CARBOHIDRATOS	18,07	18,23	18,41	19,07	20,01	21,60	21,97
GRASAS	0,11	0,11	0,12	0,15	0,17	0,17	0,18
HUMEDAD	71,2	71,5	71,9	72,4	72,7	72,8	73,0
ALMIDON	17,87	12,92	8,17	4,77	2,52	1,56	0,84
° BRX	5,0	5,08	13,90	18,02	19,21	22,03	23,10
pH	5,37	5,21	5,02	4,94	4,85	4,73	4,84
ACIDES (ACIDO PREVALENTE MALICO)	0,37	0,41	0,52	0,59	0,64	0,61	0,58
FORMAS DE USO	HARINAS	HARINAS	HARINAS				
	CHIPS	CHIPS	CHIPS	CHIPS			
	FRITURAS	FRITURAS	FRITURAS	DULCES	DULCES	DULCES	DULCES
				MERMELADAS	MERMELADAS	MERMELADAS	MERMELADAS
				PASTAS	PASTAS	PASTAS	PASTAS
			PURES	PURES	PURES	PURES	VINOS
				NECTARES	NECTARES	NECTARES	VINAGRE
			ALMIBAR	ALMIBAR	ALMIBAR		
	SECADO	SECADO	SECADO	DESHDRATADO	DESHDRATADO	DESHDRATADO	DESHDRATADO

Tabla 7, Escala de Maduración de Banano.⁷⁴

ESCALA DE MADURACIÓN DEL MANGO					
GRADOS DE MADURACIÓN	1	2	3	4	5
CARACTERISTICAS					
PROTEINA	0.27	0.33	0.77	1.12	1.82
CARBOHIDRATOS	29.78	28.80	26.64	25.84	24.51
GRASAS	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21
HUMEDAD	69.82	70.71	72.40	72.81	73.46
ALMIDON	16.05	10.16	3.57	2.08	0.54
° BRX	0.70	12.00	18.00	19.70	23.00
pH	5.70	5.08	4.34	4.32	4.14
ACIDEZ (ACIDO PREVALENTE MALICO)	0.44	0.47	0.49	0.56	0.61

Tabla 8, Escala de Maduración de Mango⁷⁵.

^{74, 75} Autores

13 RESULTADOS Y DISCUCION

- 1 Las materias primas vegetales Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*), adquiridas en el mercado local, presento condiciones organolépticamente optimas para la maduración.
- 2 Los contenidos de proteínas de la materia prima fueron para el grado uno de maduración igual a 0.21 g/100g, en Banano (*Musa AAA cavendish*) y de 0.27g/100g en el Mango (*Manguifera indica*), valores muy similares a los promedios reportados por la literatura (0.25g/100g)
- 3 Los valores de proteína en Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*), a medida que su grado de maduración se incrementaba en igual forma se estableció en las proteínas, presentado por la concentración y deshidratación de las frutas en su proceso de maduración.
- 4 Estos valores de proteína pasaron de 0.21g/100g en Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*), 0.27 en g/100g, a 1.17 g/100g a 1.82 g/100g en Banano y Mango respectivamente.
- 5 Los carbohidratos en Banano (*Musa AAA cavendish*) y Mango (*Manguifera indica*), el incremento tuvo una diferencia no significativa, en banano de 18.07 g/100g paso a 21.97 g/100g y en mango de 19.23 g/100g a 23.08 g/100g.
- 6 Las grasas en las frutas y verduras según la literatura son bajas ya que ella lo que representa en mayor cantidad son de carbohidratos, fibras, minerales, y vitaminas por consiguiente en ambas tabla se demuestra los rangos de cada una de ellas en la cual no son significativas, con base a cada grado de maduración
- 7 En cuanto a la humedad los valores de banano 71.2 g/100g a 73.00 g/100g y el mango 69.82 g/100g a 73.46 g/100g, no presento diferencia significativa entre sus valores iniciales y finales, pero si establece los valores promedios reportados por la bibliografía en el cual los seres vivos y vegetales reportan unos rangos entre 65 a 75 por ciento de agua.

- 8** Los almidones en cada uno de las muestras de banano y mango en el estado de maduración es mayor con relación a los grados posteriores, ya que estos en el proceso de maduración se convierten en azúcares totales y reductoras y por ende su disminución, este ítem se refleja con el porcentaje de grados brix de cada uno de los grados de maduración que a medida que pasan los días este se incrementa y el cual se demostró a través de la lectura con el refractómetro.
- 9** En la medición de los grados brix en cada uno de los estados de maduración del banano y mango como se demuestra en la tabla (7 y 8) de los resultados se incrementa dado a que los almidones se convierten en azúcares y en las unidades de medición se establece en porcentajes de sacarosa o de sólidos solubles.
- 10** pH, tiene relación con los grados brix y la acidez expuesto en la tablas (7 y 8) en la cual se demostró que a medida que este disminuye, la acidez varía y los brix aumentan, por el porcentaje de sólidos soluble.

14 Evaluar la viabilidad técnica y económica, para la construcción y uso del Generador. (FASE V)

Para la construcción del generador catalítico de etileno se utilizaron los siguientes materiales:

MATERIAL	PRECIO
• ½ Lamina en acero inoxidable N° 20.	\$ 90.000
• Resistencia eléctrica tubular de 115 voltios a 120 watts.	\$ 30.000
• Tubo de cobre de 1" y de ¼"	\$ 60.000
• Dos abrazaderas de ¼"	\$ 4.000
• Electro-válvula de 115 Voltios.	\$ 55.000
• Sensor de temperatura de 180 °C	\$ 35.000
• Un transformador de 115 Voltios a 12 Voltios.	\$ 45.500
• Circuito electrónico.	\$ 53.000
• Selector de 4 posiciones	\$ 7.400
• Un interruptor.	\$ 3.300
• Fusible de 10 Amp.	\$ 500
• 20 cm. de manguera 1/4" de alta temperatura.	\$ 15.000
• Remaches.	\$ 1.000
• Granallas de alfa alumina (AL ₂ O ₃).	\$ 25.000
Subtotal Materiales	\$ 424.700
• Mano de obra Soldadura, corte para caja y recipiente	\$ 80.000
• Mano de obra circuito integrado	\$ 100.000
Subtotal Mano de Obra	\$ 180.000
COSTO TOTAL	\$ 604.700

Los materiales utilizados para la construcción del generador son comerciales localmente y su costo no se considera alto, de igual manera la mano de obra requerida se consigue fácilmente y a un costo razonable.

15 PRESUPUESTO

Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (En miles de \$).

RUBROS	UNIMAG	PROPIO	TOTAL
	(CAPACIDAD INSTALADA)		
Personal:	\$ 2'400.000		\$ 2'400.000
Insumos laboratorio:	\$ 100.000		\$ 100.000
Otros insumos:		\$ 700.000	\$ 700.000
Equipo	Compra		
	Arriendo		
	Uso	\$ 190.000	\$ 190.000
Servicios técnicos:			
Salidas de campo:		\$ 200.000	\$ 200.000
Viajes nacionales y cursos de entrenamiento:			
Software:			
Realización talleres, foros:			
Contratación expertos:			
Compra de material bibliográfico especializado:			
Publicaciones y patentes:			
Imprevistos			
TOTAL			\$ 3'590.000

Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

INVESTIGADOR/ AUXILIAR	FORMACIÓN ACADÉMICA	FUNCIÓN DENTRO DEL PROYECTO	DEDICACIÓN Horas/Semanas	UNIMAG
Eduardo Cabrera Duran.	Especialista en ciencias y tecnología de Alimentos	Director	4	\$ 2'400.000
Total				\$ 2'400.000

Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)

<i>EQUIPOS</i>	<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>RECURSOS</i>		<i>TOTAL</i>
		<i>UNIMAG</i>	<i>PROPIO</i>	
Computador	Procesamiento de datos		\$ 150.000	\$ 150.000
Impresora	Impresión de Documentos		\$ 40.000	\$ 40.000

Valoración de salidas de campo (en miles de \$)

<i>Ítem</i>	<i>Costo Unitario</i>	<i>#</i>	<i>RECURSOS</i>		<i>TOTAL</i>
			<i>UNIMAG</i>	<i>PROPIO</i>	
Visita a la Empresa/toma de datos	\$ 20.000	10		\$ 200.000	\$ 200.000

Otros Insumos (en miles de \$)

<i>INSUMOS</i>	<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>RECURSOS</i>		<i>TOTAL</i>
		<i>UNIMAG</i>	<i>PROPIO</i>	
Papelería	Manejo de documentos y de información		\$ 120.000	\$ 120.000
Cartucho	Impresión de documentos		\$ 140.000	\$ 140.000

CONCLUSIONES

Luego de construir el generador catalítico de etileno para la maduración de frutas climatéricas y de realizar las respectivas pruebas de maduración con Banano (*Musa AAA cavendish*) Y Mango (*Manguifera indica*), se logro determinar que este cumplía con los objetivos para los cuales fue diseñado, ya que las frutas maduras con el poseían características similares a las expresadas por el C.I.T.A. en 1995. (Centro de Investigación Tecnológica de Alimentos), el cual determina una escala de maduración de las frutas climatéricas que permite estimar la composición química de las frutas a diferentes grados de madurez.

El contenido de proteínas de las frutas maduras con el generador de etileno en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 1.17 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 1.82.

El contenido de carbohidratos de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 21.97 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 24.51.

El porcentaje de grasas de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) (0.18g/100g) y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) (0.21g/100g).

El contenido de humedad de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 73.0 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 73.46.

El contenido de almidón de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 0.84 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 0.54.

El contenido de grados brix de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 23.10 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 23.00.

El contenido de pH de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 4.84 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 4.14.

El contenido de acidez (Acido Prevalente Málico) de las frutas maduras en su ultimo estado de maduración fue el siguiente: para el Banano (*Musa AAA cavendish*) estado siete (7) 0.58 y para el Mango (*Manguifera indica*) estado cinco (5) 0.61.

Para la construcción del generador catalítico de etileno se invirtieron en materiales y mano de obra la suma de \$ 604.700

RECOMENDACIONES

Incentivar a los estudiantes para que conformen grupos de investigación, para así encontrar otras alternativas de producir etileno a bajo costo, permitiendo beneficiar a los pequeños y medianos empresarios.

Continuar con investigaciones sobre este campo a fin de optimizar el funcionamiento del equipo y disminuir los costos de construcción, con el objetivo de suministrar tecnología de punta a los pequeños y medianos empresarios a nivel local.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ AGUDELO JOSÉ LUÍS., MONTES CONSUELO DE C. 2005. Deshidratación catalítica de etanol a etileno sobre hmo y hzsm-5 modificada con hierro y cobre. Ingeniería e Investigación, tomo, N°. 3, Págs. 22-25
- ❖ BROWN H. WILLIAM. 2002. Introducción a la Química Orgánica. Compañía Editorial Continental. México, DF. Pág. 551.
- ❖ CENTRO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS (CITA). 1995. Maduración artificial del banano y determinación de una escala según grado de madurez.
www.cita.ucr.ac.cr
- ❖ GORNY, J.R., ADEL. A. KADER. 1996. Reglamento de la biosíntesis de etileno en el sector de las frutas climatéricas por la elevación de CO₂ y la reducción de O₂ atmósferas.
www.plantsciences.ucdavis.edu/pomology/personnel/faculty/kader.htm
- ❖ JOURNAL OF AMERICAN OIL CHEMIST`S SOCIETY. 1977. Comparación de varios métodos para la extracción de lípidos totales, ácidos grasos, colesterol y otros esteroides a partir de productos alimenticios.
- ❖ LEES R. 1989. Análisis de los alimentos, métodos analíticos y de control de calidad. Editorial Acribia, Zaragoza
- ❖ ROBERT E. HARDENBURG., ALLEY E. WATADA, CHIEN YI WANG. 1998. Almacenamiento Comercial de Frutas Y Legumbres.
www.metabase.net/docs/cei/01322.html
- ❖ B.A. BURLINGAME Y U.R. CHARRONDIERE. 2003. Datos de Composición de Alimentos. Obtención, Gestión Y Utilización. Segunda edición.

SITIOS WEB

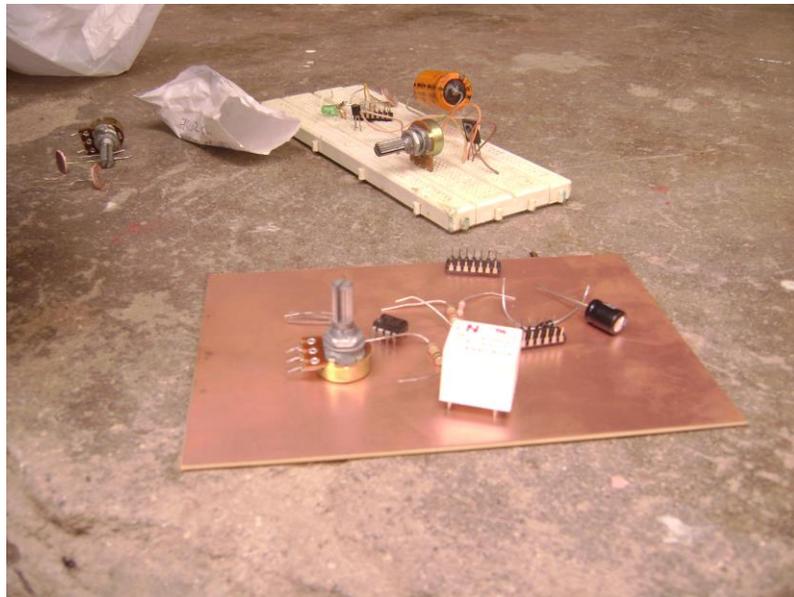
- ❖ <http://www.fao.org>
- ❖ <http://www.catalyticgenerators.com>
- ❖ <http://www.unicontrol-la.com/ripcontrol.html>
- ❖ <http://www.termoar.com.ar>
- ❖ <http://frutas.consumer.es/documentos/conozcamos/maduracion>
- ❖ <http://www.catalyticgenerators.com/loshecdelet.html>
- ❖ <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/fruta4.htm>
- ❖ http://www.science.oas.org/oea_gtz/LIBROS/Manten_medida/ch1.htm
- ❖ <http://www.solomantenimiento.com/articulos/programa-mantenimiento.htm>

16 ANEXOS

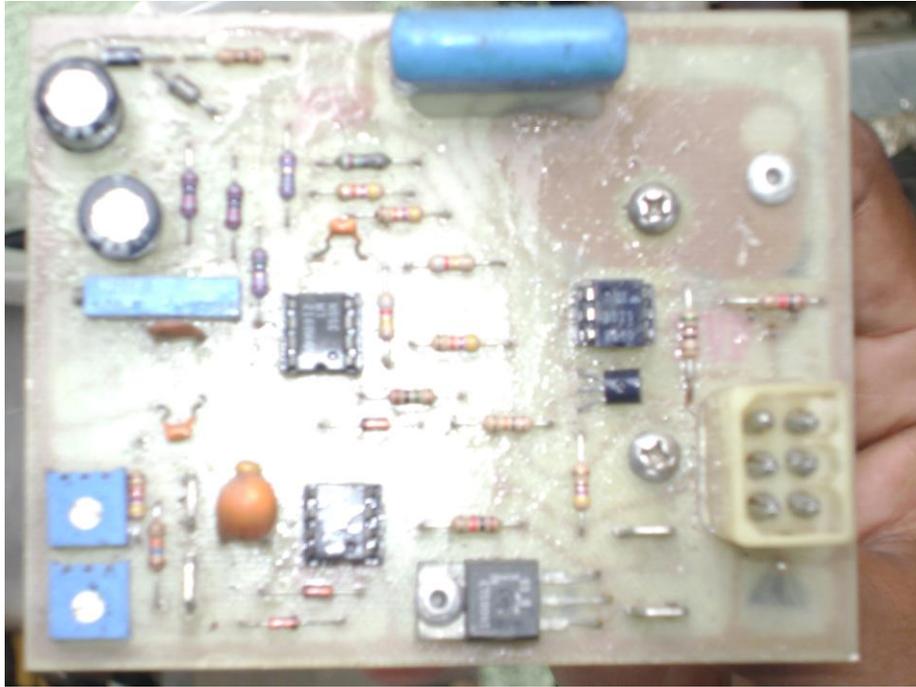
1 HERRAMIENTAS, MATERIALES Y PRUEBAS REALIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR DE ETILENO



HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN



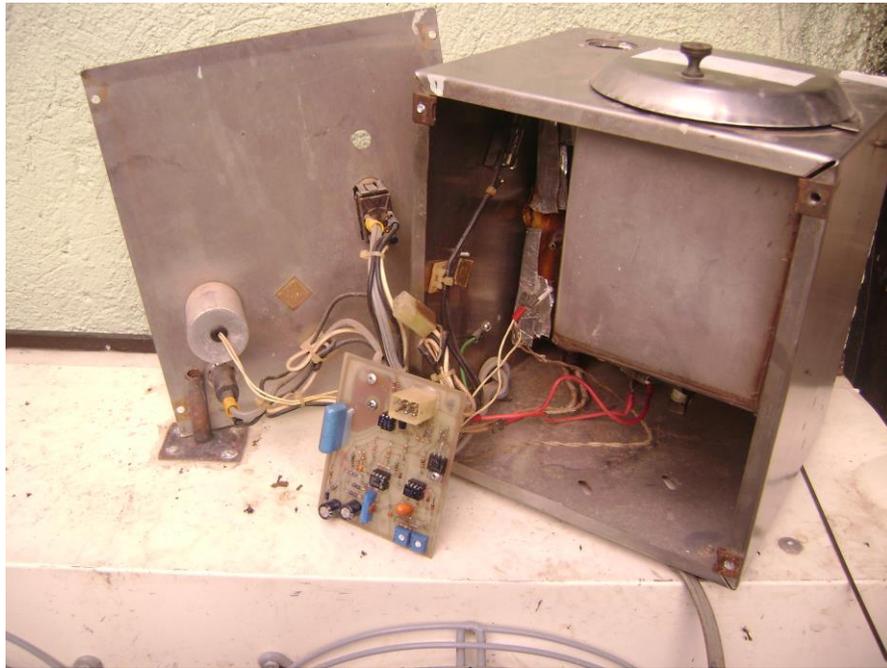
COMPONENTES DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO



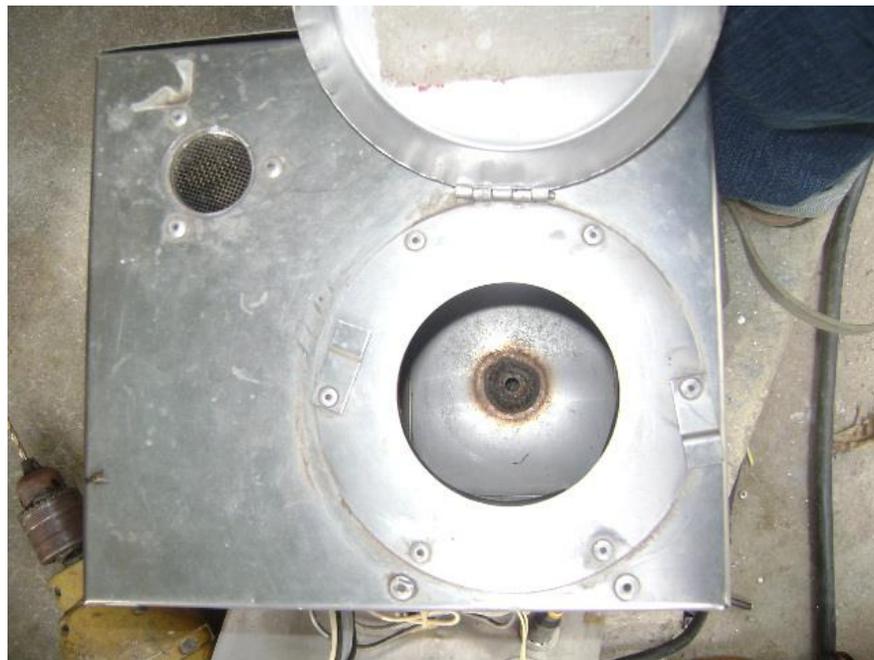
CIRCUITO ELECTRÓNICO TERMINADO



REALIZANDO PRUEBAS AL FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DEL GENERADOR



VISTA INTERNA DEL GENERADOR DE ETILENO



VISTA SUPERIOR DEL GENERADOR DE ETILENO

2 FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA A LAS EMPRESAS MADURADORAS DE FRUTAS



UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL

ENCUESTA EMPRESAS MADURADORAS DE FRUTAS

Fecha _____

Nombre Empresa _____

Nombre Propietario _____

Antigüedad _____

1. ¿Qué tipo de frutas madura en su empresa?

2. ¿Cuales de las siguientes técnicas de maduración conoce?

- Carburo _____
- Alcohol _____
- Altas Temperaturas _____
- Inmersión solución en carburo _____
- Otras, _____

3. ¿Qué técnica de maduración usa usted?

4. ¿Cuál es la capacidad instalada de su planta de maduración?

5. ¿Cuánto es la producción actual de su planta de maduración?

6. ¿Cuál es el precio venta al público de la fruta madurada?

7. ¿Cuáles son los equipos que usa para el proceso de maduración?

8. ¿Le interesaría acceder a nuevas tecnologías para la maduración de Frutas?

Si. _____ No. _____

9. ¿Estaría interesado en la adquisición de un generador de etileno para la maduración de frutas a bajo costo?

Si. _____ No. _____