



*Importancia y Beneficios del uso del
cultivo de la papaya (Cariaca papaya L.)
En el Municipio de Puerto Rico*

UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO

INSTITUTO TECNOLOGICO DE PUERTO RICO



SISTEMA DE PRODUCCION AGROPECUARIA

IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DEL USO DEL CULTIVO DE LA PAPAYA (Carica papaya) EN EL MUNICIPIO DE PUERTO RICO

Tesina:

**Para obtener el título de
Técnico Superior en sistema
De producción Agropecuaria.**

Ruth Bella Fernández Tibi

PUERTO RICO – PANDO – BOLIVIA

2013



HOJA DE PROBABACIÓN

Monografía aprobada el ____ de _____ de _____

	Nombres	Firmas
Postulante:	_____	_____
Asesor:	_____	_____
Pdte. Tribunal:	_____	_____
Tribunal 1:	_____	_____
Tribunal 2:	_____	_____
Tribunal 3:	_____	_____



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la salud y a mis Padres por las tantas noches de desvelo y entrega incondicional, por sus consejos y orientación que fueron cruciales para la formación de mi persona, por ser la solución en los momentos difíciles, por su comprensión y por creer en mi, gracias por ser mi esposo.

A mi asesor de monografía: Ing. Ariel Hurtado Moisés, por sus consejos y orientaciones en la presente investigación.

A los miembros del tribunal revisor, por sus sugerencias observaciones y correcciones al proyecto e informe final de la investigación.

A los docentes del programa académico Sistema de Producción Agropecuaria, por su paciencia, su comprensión y sus sabios consejos durante mi formación profesional.

Al Instituto Tecnológico Puerto Rico, a su Directora y personal administrativo, por su apoyo durante mi formación y en la elaboración de la presente investigación monográfica.

A mis compañeros de la universidad: Por los momentos de amistad compartidos, a lo largo de toda la carrera.



DEDICATORIA

A mis Padres, a mis hermanos, a mis hijos, quienes han logrado con mucho sacrificio y dedicación formarme como persona y como profesional.

A la Universidad Amazónica de Pando (templo de sabiduría) por acogerme en sus aulas durante estos tres años.



INDICE

	Pág.
Hoja de aprobación	i
Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Indice de Cuadros	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos específicos	4
IV. METODOLOGÍA	5
4.1. Métodos	5
4.2. Estudio de caso	5
4.3. Investigación Documental	6
4.4. Materiales	6
4.5. Análisis	7
V. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LA PAPAYA	8
5.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
5.1.1. Origen	8
5.1.2. Descripción de la especie	8
5.1.3. Requerimientos de clima y suelo	10
5.1.4. Cultivo	11
5.1.5. Procesado	19
5.2. APORTE TEÓRICO	20
5.2.1. Propiedades Medicinales de la Papaya	20
5.2.2. Usos de la Papaya y sus derivados	22
5.2.3. Perspectivas para el uso de la Enzima de Papaína	26



5.6. CONCLUSIONES	39
5.7. RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	41

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Composición química de frutos de papayo, expresado en porcentaje	10
2.	Características de las enzimas del látex de papaya.	30
3.	Propiedades físicas de la papaína.	32
4.	Composición en aminoácidos de la papaína	33



I. INTRODUCCIÓN

El papayo (*Carica papaya* L.), también conocido como papaya (México), pawpaw (Australia) y mamao (Brasil), es una planta de rápido crecimiento y tiempo de vida relativamente corto, en términos comerciales, perteneciente al género *Carica* (dentro de la familia Caricaceae), el cual incluye 14 especies; de las cuales destaca la papaya por su importancia económica.

Su nombre proviene del griego *karike*, que es un tipo de higuera, y fue propuesto por Carlos Linneo, ya que encontró similitud entre las hojas de ambas especies. Por otro lado, el vocablo papaya es probablemente una adaptación de *kapáda*, su nombre nativo caribeño.

En general, se considera que esta planta es originaria del sur de México y Centroamérica, aunque existe cierta controversia ya que algunos investigadores sugieren que podría ser nativa del Caribe, en tanto otros la ubican entre Nicaragua y Honduras, o al Noroeste de América del Sur, en la vertiente oriental de los Andes. Históricamente, la primera referencia en que aparece mencionada se encuentra en el libro "Historia Natural y General de las Indias" del cronista y conquistador español Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1557), quien en 1535 reportó a los reyes de España haber visto plantas de papaya creciendo en Centroamérica.

Fue justo durante el periodo de la conquista de América, que navegantes españoles y portugueses expandieron la fama y la presencia de esta planta y su fruto, llevándola a las Antillas y al sur de América. Posteriormente, a finales del siglo XVI y a principios del siglo XVII, el cultivo se difundió en Filipinas, Malasia, Sur de China, Ceilán y Hawái. Finalmente, durante el siglo XVIII, su distribución se expandió al resto del mundo tropical, donde es de gran importancia gracias a sus frutos y a sus propiedades medicinales.



Las flores poseen propiedades febrífugas y pectorales, cuando se consume en infusiones. Las hojas, frutos y tallos, poseen el alcaloide carpaina y la enzima papaína, utilizados ampliamente en la medicina. La carpaina, que se encuentra principalmente en las hojas, en concentraciones hasta de 0.4%, es usada en los tratamientos de la disentería y la tuberculosis.

La papaína, que se encuentra en los tejidos verdes de la planta y en especial en los frutos verdes, posee la cualidad de disolver y digerir los albuminoides. Gracias a esta cualidad, es utilizada en medicina para el control de insuficiencias gástricas, en la digestión de tejidos putrefactos, en heridas gangrenosas y para estudios citológicos en la determinación del cáncer estomacal.

En la industria textil se usa la papaína para suavizar la lana y la seda; en la industria de pieles, para la batiente de cueros; en la industria del caucho, para el envejecimiento artificial del látex; también es usada para la fabricación de chicles y en la industria cervecera, donde no puede faltar, para mejorar las maltas. Además, se emplea para el ablandamiento de carnes mediante la inyección a la res, minutos antes de su sacrificio o en forma directa, rociando con papaína el corte de carne al momento de su cocción.

II. JUSTIFICACIÓN

La importancia de la papaya es que se consume principalmente como fruta fresca, por su excelente sabor y textura. Es muy solicitada por los consumidores que tienen preferencia por las frutas que además de agradables posean un contenido alto de nutrientes, vitaminas, minerales y proteínas, hacen sobresalir esta fruta por sus características medicinales, principalmente en el tratamiento de enfermedades gástricas. Su valor nutritivo es alto: cien (100) gramos de pulpa, suministran los requerimientos mínimos diarios de vitamina C y la mitad de la vitamina A. Además posee, vitaminas del complejo B (B1, B6 y B12). Su consumo diario contribuye a la estabilización de la presión arterial y el relajamiento muscular.



Pese a la importancia que tiene esta fruta, por las propiedades nutritivas que posee, anotadas en líneas arriba, los pobladores del municipio de Puerto Rico y en general la región amazónica le prestan poca importancia, de ahí que se puede observar que en varios domicilios que existen arboles de esta especie con frutos no son cosechados. En este trabajo se quiere realzar los beneficios de la papaya y que sean bien aprovechadas.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Mostrar la importancia y los beneficios que puede brindar la papaya (*Cariaca papaya*) para los pobladores, de esta región y en especial para el poblador rural del municipio Puerto Rico.

3.2. Objetivos Específicos:

- Describir las características y el proceso productivo de la papaya.
- Analizar los beneficios que brinda el consumo de papaya y sus derivados.
- Valorar la bibliografía sobre la importancia y beneficios que brinda la papaya.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Métodos

Para la elaboración de la monografía se empleó el enfoque de investigación cualitativa, cuyas características se describen a continuación:

La investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. La misma procura lograr una descripción



holística, esto es, que intenta analizar exhaustivamente, con sumo detalle, un asunto o actividad en particular.

Las técnicas empleadas son dos: a) el estudio de caso y b) la investigación documental.

4.2. Estudio de Caso:

Consiste en el estudio de escenarios, fenómenos y comportamientos de hechos reales que denotan problemas aún desconocidos en el plano teórico.

Tipos de Estudio de Casos: Según los objetivos: Existen tres categorías o tipos principales de estudios de caso: explicativos, descriptivos y de metodología combinada. Aunque en la vida real a menudo se superponen estas categorías:

- 1) Explicativos. El propósito de los estudios de caso explicativos, tal como su nombre lo indica, es explicar las relaciones entre los componentes de un programa.
 - a. Implementación del Programa. Este estudio de caso investiga las operaciones, a menudo en varios terrenos, y con frecuencia, de manera normativa.
 - b. Efectos del Programa. Este estudio de caso examina las causas y habitualmente involucra evaluaciones de tipo multi-terreno y multi-método.
- 2) Descriptivos. Estos estudios son más focalizados que los casos explicativos.
 - a. Ilustrativo. Este tipo de estudio de caso es de carácter descriptivo y tiene el propósito de añadir realismo y ejemplos de fondo al resto de la información acerca de un programa, proyecto, o política.

Estos estudios de caso describen primordialmente lo que está sucediendo y por qué, con la finalidad de mostrar el perfil de una situación. Este tipo de estudios son especialmente útiles para ayudar a interpretar otros datos que pueden estar disponibles, tales como encuestas.



- b. Exploratorio. Este es también un estudio de caso descriptivo pero apunta, antes que a ilustrar, a generar hipótesis para investigaciones posteriores.

4.3. Investigación Documental

La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos.

La investigación documental tiene la particularidad de utilizar como una fuente primaria de insumos, más no la única y exclusiva, el documento escrito en sus diferentes formas: documentos impresos, electrónicos y audiovisuales. Sin embargo, los textos monográficos no necesariamente deben realizarse sobre la base de sólo consultas bibliográficas; se puede recurrir a otras fuentes como, por ejemplo, el testimonio de los protagonistas de los hechos, de testigos calificados, o de especialistas en el tema.

4.4. Materiales

En concordancia con la metodología y las técnicas, se emplearon los siguientes materiales:

Bibliografía:

- Bibliografía especializada existente en las bibliotecas de la UAP, CIPA, ONG Herencia, etc.
- Bibliografía digital obtenida mediante internet.

Equipos de Oficina:

- Computadora e impresora

Material de escritorio

- Papel bond
- Tinta para impresora
- USB



4.5. Análisis

Consistió en la síntesis e integración de la información obtenida de diversos instrumentos y medios de observación. Prepondera más un análisis descriptivo coherente que pretende lograr una interpretación minuciosa y detallada del asunto o problema de investigación. Las conclusiones y recomendaciones se derivaron continuamente durante el proceso.

V. IMPORTANCIA Y BENEFICIOS DE LA PAPAYA

5.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1.1. Origen

La primera mención escrita que se tiene de la papaya es en la “Historia Natural y General de las Indias” de Oviedo, quien alrededor del año 1535, en una carta a su Soberano, le decía haber visto, esta planta, creciendo en el sur de México y Centroamérica.

En los primeros tiempos de la conquista se distribuyó rápidamente por todas las Antillas y Sudamérica. A finales del siglo XIV y a principios del XV se difundió a Filipinas, Malasia, Sur de China, Ceilán y Hawái, por navegantes españoles y portugueses. Ahora se encuentra cultivado en extensas zonas por todas las regiones tropicales y subtropicales. En los últimos años el 50% de la producción mundial se concentra en Brasil, México y la India (CENTA 2010).

5.1.2. Descripción de la especie

Taxonómicamente, la papaya tiene la siguiente clasificación:

División: Antophyta

Clase: Dicotiledónea



Orden: Parietales

Familia: Caricacea

Género: *Carica*

Especie: *Carica papaya*

Nombres comunes: Papaya, Fruta bomba; Lechosa; Mamón (CENTA 2010).

Aspectos botánicos (Barrantes, 1987)

Raíz: Presenta una raíz principal pivotante que puede desarrollarse hasta un metro de profundidad. Las raíces secundarias se desarrollan en un radio de 80 cms y la mayor concentración de raíces absorbentes se encuentra en los primeros 20 cm.

Tallo: El papayo es considerado como una planta arbustiva cuyo tallo es hueco, con excepción de los nudos, puede llegar a tener una altura de 8 a 10 metros en 3 ciclos agrícolas y desarrollar un diámetro de 10 a 30 cm. El desarrollo del tallo es de un solo eje, sin embargo en cada nudo existe una yema que se puede convertir en rama.

Hojas: Las hojas del papayo crecen en forma simple, alternas y son palmeadas. El limbo mide entre 25 a 75 cms y puede tener de 7 a 10 lóbulos, el pecíolo es largo alcanzando hasta 125 centímetros de longitud y su color puede variar entre verde y morado según la variedad. La planta de papayo produce un promedio semanal de 2 hojas, desarrollándose en el año unas 100. Una planta adulta, normal en su desarrollo, posee alrededor de 30 hojas funcionales, y se considera que el mínimo de hojas con las cuales se puede desarrollar bien una planta es de 15.



Flor: Las flores del papayo son de color blanco, nacen en el tallo cerca de la inserción de las axilas de las hojas, poseen 5 pétalos y 5 sépalos. La polinización de las flores femeninas y hermafroditas se da por el viento y muchas veces por insectos. El papayo desarrolla 3 tipos de flores: la flor femenina o pistilada, la flor masculina o estaminada y flor hermafrodita.

Fruto: El fruto de la papaya es una baya, que pueden ser cilíndricos, alargados, en forma de pera o de forma globulares ovoides o redondos. La forma de los frutos depende de la variedad y del tipo de flor del cual se han formado. Según las variedades los frutos pueden alcanzar de 15 a 50 cm de longitud, de 12 a 25 cm de diámetro y un peso de 0.5 a 25 libras o más. El fruto de la papaya está formado por 3 partes: a) el exocarpo o cáscara, b) el mesocarpo o pulpa y c) el endocarpo que contiene las semillas y mucílago.

La pulpa del fruto es rica en agua, azúcares, vitaminas minerales y sustancias colorantes. Su color varía de amarillo pálido a amarillo rojizo.

La composición química del fruto se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de frutos de papayo, expresado en porcentaje

ELEMENTO	CANTIDAD
Agua	88.1%
Carbohidratos	9.8%
Fibra	0.8%
Proteína	0,6%
Ceniza	0,6%
Grasa	0,1%
Calorías	39 (en 100 gramos)

Fuente: Curso de Fruticultura Tropical, Guatemala y Brasil 2000.



5.1.3. Requerimientos de clima y suelo

Guzmán (1998), afirma que la papaya se desarrolla mejor en clima cálido, se adapta mejor a regiones con alturas menores a los 800 msnm, por lo que se obtienen mayores producciones y mejor calidad de fruta. La temperatura adecuada para su cultivo oscila entre los 25 y 38 C, a pesar de que existen algunas líneas que responden en diferente forma a la temperatura y a los cambios que en ella se producen; la regla general es: a menor temperatura el desarrollo es lento y menor es la calidad.

La precipitación adecuada puede variar entre los 1.500 y 2.000 mm de lluvia anual, conviene que se distribuya lo más homogéneamente posible durante el año, la humedad relativa debe oscilar entre 70 y 85 %; clima cálido, lluvia frecuente y moderada permiten una producción continua.

La planta requiere de alta luminosidad, por lo que produce mejor en lugares bien soleados. El color y sabor de la fruta dependen mucho de la radiación solar.

Se adapta a diferentes tipos de suelos; sin embargo, los mejores resultados se pueden obtener en aquellos sueltos y profundos, franco arenosos, de adecuada fertilidad y ricos en materia orgánica. Es muy importante que tengan buen drenaje pues no permite agua estancada cerca de las raíces, además de mínima acidez, ideal con pH entre 6 y 7, de lo contrario se hace necesario el encalado.

5.1.4. Cultivo

a. Variedades

En Centroamérica es difícil hablar de variedades debido a los múltiples cruzamientos que se producen por libre polinización. En zonas subtropicales se han desarrollado verdaderos cultivares como son: "Puna" y "Sunrise Solo" en Hawái, esta última no ha mostrado pérdida de vigor a pesar de la autopolinización



a que ha sido sometida por varias generaciones, "Bettina" en Australia, "Hortus Gold" en Africa del Sur y "Betty" en Florida, todas logradas por medio de polinización controlada; otras variedades conocidas son: "Bluestem", "Graham", "Rissimee", "Waimanalo", "Kapoho", "Cartagena", ésta última con frutos grandes que rebasan los 5 kg, "Red Panamá", "Singapore", "Hortusgred" y la variedad "Fairchild" utilizada en las partes altas de las Islas Canarias (Cerdas y Saenz, 1993).

En Costa Rica se conocen básicamente el cultivar "Solo" también conocido popularmente como "Hawaiana" por su procedencia; además los cultivares "Lucia" y "Maradol" importados de Colombia y Cuba hace algunos años, por lo que ahora se encuentran muy mezclados con los cultivares "Criollos".

Actualmente el 90 a 95 % de la producción proviene de Lucia, preferido por los productores debido a su forma, textura de la piel (cerosa y brillante) y resistencia al transporte (foto 5); sin embargo, no es más productiva y no puede decirse que su calidad sea la mejor, alcanza como máximo 11 grados brix, mientras que la Maradol actual (resultado de cruces con los criollos) puede llegar a los 13 grados brix, tiene como desventaja su apariencia. Por último, el cultivar Criollo también presenta altos grados brix, pero es raro encontrarlo ahora en nuestras plantaciones.

Se reportó hace algún tiempo la "Selección Paquera Americana", actualmente se conocen algunas siembras en la zona de Guácimo (Limón), las cuales son fácilmente reconocidas por la coloración amarilla de los frutos aún inmaduros; sin embargo, debe mencionarse el problema de esterilidad que puede presentarse en las plantas hermafroditas de esta selección. Por otra parte, se tienen en el país los híbridos Tainung 2 y 3, Taiwaneses, promocionados como frutas de buena calidad y sabor, con pesos entre 1,1 y 1,3 kg; es necesario mayor información sobre su



comportamiento a nivel nacional, debido a que aún son pocas las pruebas que se han realizado con estos materiales en nuestro país.

Es normal que algunos productores, sobre todo aquellos de avanzada, realicen sus propias selecciones con el material que encuentran en su finca, un ejemplo de ello son los hermanos Vega en la zona de Guácimo en la provincia de Limón, quienes desean mantener y propagar el buen color y sabor de la pulpa de un material que ellos denominan "Sangre de Toro", material que todavía está en proceso de selección en sus plantaciones.

Por su parte el Ing. Eric Mora Newcomer, está trabajando con el fin de obtener una variedad que rinda altos grados brix, así como un tamaño y una forma adecuada a los requerimientos de nuestro mercado, para lo cual está realizando cruzamientos entre variedades criollas y el cultivar "Solo"; se espera que en corto tiempo se tengan los resultados y la liberación de esta nueva variedad (Cunha, 1980).

b. Propagación

Según Barrantes (1987), la forma típica de propagación, por su eficiencia, ha sido la reproducción sexual (por semillas); la propagación vegetativa por medio de estacas o injertos no brindan los efectos deseados, las primeras son de lento desarrollo y las segundas degeneran y no mantienen las características deseadas. En la actualidad ya se han realizado algunas pruebas para clonar plantas por medio de yemas apicales oaxilares, con el fin de producir individuos con características deseables y asegurar que se encuentren libres de virus; sin embargo, aún la técnica no ha sido perfeccionada por lo que no se encuentra a disposición para ser utilizada como una práctica común.

La semilla debe obtenerse de frutos provenientes de cruzamientos entre plantas hermafroditas, de esta forma se logra 66% de plantas hermafroditas y 33% de plantas femeninas, con esta selección existe la certeza de obtener el máximo



porcentaje de plantas productivas y eliminar la posibilidad de aparición de plantas masculinas no productivas; por otro lado selecciones de semillas provenientes de cruces hermafroditas con femeninas, producen en su descendencia 50% hermafroditas y 50% femeninas con la desventaja de que las femeninas representan un volumen elevado de frutas. "bomba", forma no demandada por el comercio. Otros factores que se consideran son la textura y brillo de la piel, así como las formas que son más apetecidas por los consumidores, en Costa Rica el tipo "cacho" es el más popular; que estén maduros y sanos, con la finalidad de asegurar a la cosecha altos rendimientos y buena aceptación en el mercado. Debe evitarse en estas selecciones aquellas plantas que presentan carpeloidia o esterilidad femenina, y preferir las precoces que inician su floración a baja altura, con rendimientos superiores a 60 kg/planta/año; ideales si presentan alguna resistencia a plagas o enfermedades de importancia.

Una vez extraída la semilla, se elimina el mucílago que las recubre frotándolas con arena o con lino y se colocan a la sombra, sobre papel para que en pocos días estén totalmente secas y proceder a sembrarlas. La viabilidad y el poder germinativo de las semillas dependen de la variedad, de la forma de secarse, empaque y forma de conservarse, dado que no siempre se tienen las mejores condiciones, es recomendable realizar la siembra lo más pronto posible, una vez que la semilla se encuentre seca.

c. Preparación de suelo

CENTA (2010), afirma que una buena preparación del suelo es necesaria en todo cultivo productivo, las aradas y rastreadas lo dejan suelto y sin terrones, es así como se provoca una adecuada aireación y un buen desarrollo de raíces; sin embargo, debido a que el cultivo es sensible a la humedad excesiva cerca de su sistema radical, debe ponerse especial atención a la existencia de capas compactadas en el subsuelo que impidan el drenaje suficiente del agua infiltrada,



en caso de que esto suceda, debe recurrirse al subsolado a fin de solventar dicha situación. Otra práctica sencilla que colabora en evacuar con facilidad el agua superficial acumulada cerca de la planta es el uso de lomillos altos. En suelos livianos la preparación es mínima.

d. Siembra

Según Guzmán (1998), en este cultivo, por lo delicado de las plantas en las primeras etapas de desarrollo, es indispensable confeccionar un vivero que facilite el cuidado y manejo adecuado en esta época.

En vivero lo más recomendable es utilizar bolsas negras de polietileno de 15,24 x 20,32 cm (6 x 8 pulgadas), con buen drenaje y llenarlas con una mezcla de suelo suelto orgánico; suelo virgen o desinfectado, posteriormente fertilizarlo con una dosis de 10 g de la fórmula 10-30-10 por cada una.

Pueden sembrarse de cuatro a cinco semillas por bolsa, a una profundidad de 2 cm; sin embargo, después de emergidas debe quedar solamente una, la plantita más vigorosa. Es necesario facilitarle el libre crecimiento a su raíz pivotante, esto es indispensable, una papaya sin un buen desarrollo de la raíz principal no puede soportar una buena producción y menos un viento fuerte, varias plantitas desarrollándose en una bolsa distorcionan sus raíces, lo cual es totalmente inconveniente.

El riego debe ser frecuente para lograr una buena germinación, la que puede ocurrir entre los 14 y 20 días, mucho depende de la temperatura, en zonas bajas y calientes la germinación se acelera.

En esta fase del vivero el agua es indispensable, en zonas donde no existe la facilidad de riego se acostumbra proteger las plantitas colocándolas bajo 60 % de sombra, evitando de esta manera que se sequen, dicha sombra debe eliminarse paulatinamente conforme crecen las plantas; al cabo del mes se les debe haber



eliminado totalmente la sombra, ya que poco tiempo después de dicho período tienen que estar listas para su trasplante definitivo al campo. En zonas con suficiente disponibilidad de agua para riego, las plantas no deben colocarse bajo sombra, lo mejor es dejarlas expuestas a pleno sol. Generalmente la fase de vivero se realiza en verano, bajo riego, para trasplantar una vez iniciada la época lluviosa.

e. Desarrollo fenológico

Chávez (1981), afirma que la planta tiene un desarrollo vegetativo que lleva entre tres y cuatro meses, dependiendo de la variedad, posteriormente alcanza su período de madurez e inicia la floración; cinco meses después se empieza a cosechar, alrededor de los diez meses en adelante la producción es continua. Como se observa en la figura 1, para el primer año se presenta un crecimiento continuo, lo que indica requerimientos nutricionales constantes, sobre todo que al inicio la producción tiende a incrementarse.

f. Manejo de la plantación

Según Barrantes, (1987), el trasplante se realiza antes de los 60 días de la siembra, cuando las plántulas alcanzan alrededor de 15 a 20 cm de altura y el tallo se aproxima a 1 cm de diámetro. Para el trasplante deben hacerse huecos de 30 cm de profundidad por unos 30 cm de diámetro para cada bolsa, lo recomendable es colocar dos plantas por golpe; este momento se puede aprovechar para hacer la primera fertilización, utilice 0,5 kg de 10-30-10 o 12-24-12 al fondo del hueco y cúbralo con 10 cm de tierra (así no quema las raíces de la planta), con cuidado se quita la bolsa y se siembran dejando el cuello de las plantas a nivel del suelo, al cumplir los 3 o 4 meses, se deja únicamente la planta más vigorosa que se manifieste hermafrodita.

Fertilización: El programa de fertilización debe hacerse de acuerdo a los resultados de un análisis de suelo; así puede corregirse la condición deficitaria de



uno u otro mineral, todos son necesarios en cantidad y balance adecuados para el desarrollo normal de la planta; debe tomarse en cuenta la textura y las condiciones climáticas para poder reforzar ciertos elementos que tienden a perderse más fácilmente y pueden crear un desbalance que provoque consecuencias directas en la producción o facilite el ataque de enfermedades.

Distancias de Siembra: Tres formas de ordenamiento espacial son las típicas utilizadas para cultivos criollos; en cuadro con 3 m entre plantas y 3 m entre hileras, se obtiene una densidad de 1.111 plantas/ha; en rectángulo con 3 m entre hileras y 2,5 m entre plantas, logra la mayor densidad con 1.333 plantas/ha (figura 2) y el tresbolillo comúnmente llamada "pata de gallo" con distancia de 3 m x 3 m se obtiene una densidad de 1.277 plantas/ha. Para la variedad "Solo" normalmente se utiliza el sistema de 2x2 entresbolillo con lo que se logra un máximo de 2.875 plantas/ha.

Malezas: El control de malezas es algo delicado en este cultivo, las raíces son bastante superficiales por lo que una escarda mecánica poco profunda puede ocasionar heridas con relativa facilidad, además de tener un costo elevado. Por otro lado, debe tomarse en cuenta que el uso de herbicidas puede causar efectos fitotóxicos si llegan a ponerse en contacto con la planta, es un cultivo muy susceptible a los agroquímicos. No obstante la imperiosa necesidad de mantener al menos la base del tallo libre de malezas posibilita que las dos opciones puedan utilizarse con el debido cuidado, en el primer caso no causar heridas ni al tallo ni a las raíces y evitar contacto de los herbicidas con el tallo en el segundo, para lo cual aplicaciones a baja presión, el uso de campana, aspersiones a baja altura, el uso de boquillas como la twin jet, TK, TK2, o la DG antideriva, disminuyen la dispersión del producto y las aplicaciones resultan más seguras. Herbicidas como paraquat (200 a 600 g de i.a./ha) o glifosato (1.068 a 1.424 g de i.a./ha) son los dos productos más utilizados actualmente.



Coberturas: Se pensó que el uso de coberturas verdes de porte bajo podría ser una alternativa viable para el control de malezas; sin embargo, se ha encontrado que la papaya es un mal competidor con otras plantas; además se deben tomar en cuenta otros efectos que se presentan con el uso de coberturas, tal es el caso de *Arachis pintoi*, donde se ha visto que sirve de refugio a roedores que atraen a sus depredadores, entre los cuales se encuentran algunas serpientes poco deseables en un área productiva, también se han observado problemas con babosas que causan heridas al tallo. A pesar de lo anterior no debe dejarse de lado algunas opciones que todavía no han sido probadas, plantas de porte aún más bajo conocidas comúnmente como el "cinquillo", "oreja de ratón" entre otras, podrían mostrar otros efectos que vale la pena evaluar dado que significa reducción en los costos de producción, además de la protección que se brinda al suelo; por otro lado se tiene que mencionar el inconveniente del establecimiento de este tipo de materiales por lo difícil de su consecución.

Riego: La cantidad de agua y la frecuencia en la aplicación del riego, se ve supeditado a las variaciones de clima que se presentan en las diferentes zonas y meses de la estación seca, dado que son variables en número y cantidad las precipitaciones eventuales en esta época, también influyen la intensidad del viento, la luz y la temperatura; el tipo de suelo es otra variable importante así como la edad de la planta. Por tales razones no existen normas establecidas, pero en términos generales debe tomarse en cuenta que las plantas muy jóvenes por su rápido crecimiento y escaso sistema radical necesitan mayor frecuencia de riegos, mientras que las plantas adultas con un ritmo de desarrollo menos acelerado y mayor facilidad de absorción por su volumen radical resultan menos exigentes. Las primeras horas de la mañana o al final de la tarde, así como el riego por aspersión abajo de las hojas son lo más recomendable.



Raleo: Después de tres o cuatro meses de estar establecida la plantación se hace el último raleo para dejar una sola planta por golpe. Se escoge preferiblemente la planta hermafrodita más vigorosa o en su defecto la planta con flores femeninas.

Drenajes: Como se ha descrito anteriormente, la papaya es una planta que no soporta agua estancada cerca de las raíces; sin embargo, debido a que ellas se desarrollan muy superficialmente, es posible que con prácticas que mantengan un terreno suelto, nivelado y limpio, además de la construcción de drenajes, cuando sea necesario, que evacúen el exceso de agua, no muy profundos en la mayoría de los casos, pueden ser suficientes para controlar pudriciones causadas por hongos de suelo o ataques de nematodos.

Plagas: las plagas más importantes son: Mosca de la papaya (*Toxotrypanacurvicauda* Gerst.), Gusano cachudo (*Erinnyis* spp.), Áfido o Pulgón (*Aphis spiraeicola*), Escama blanca de la papaya (*Pseudaulacaspis* spp.), la mosca blanca de la papaya (*Aleurodicus* spp.), etc.

Enfermedades: Entre las enfermedades que causan daños significativos figuran: Pudrición del pie (*Phytophthora palmivora*), Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.), Nematodos (*Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*).

Cosecha: Para protección de la persona encargada de recolectar los frutos, se recomienda a la hora de la cosecha utilizar guantes de hule y evitar el contacto directo con el latex ya que ocasiona irritación en la piel. La fruta debe recolectarse en las horas más frescas de la mañana y protegerlas de los rayos solares directos, es conveniente el uso de cuchillo, cortar al ras de la planta, inmediatamente después el pedúnculo se corta a ras de la fruta para que con el roce no ocasione daños a otras frutas. El punto de cosecha es cuando la fruta manifiesta un cambio de coloración de verde oscuro a verde claro y aparece una tonalidad amarilla, estado de maduración conocido entre los técnicos como una "faja", también



conocido popularmente como una "pinta" (el fruto está pintando), método utilizado por los productores costarricenses que equivale al 6 % de coloración amarilla, y se determina por la observación de una "faja" longitudinal, coloración que inicia y se concentra en el ápice de la fruta. En este primer estado la fruta es más resistente al manejo postcosecha y menos susceptible a daños mecánicos o aquellos causados por pájaros, hongos e insectos; sin embargo, algunos prefieren dos o tres pintas para cosechar cuando la maduración es más evidente; por otra parte, cuando se cosecha una vez por semana siempre se encontrarán varios estados de madurez; las preferencias también dependen mucho de las distancias, condiciones del mercado, volúmenes y precios.

5.1.5. Procesado

Según Mejía y Vega (2010), existen tres métodos básicos y sencillos para procesar papaya, tanto verde como madura, y que pueden ser utilizados por los productores para darle mayor valor agregado a su producción. Así lo expresan varios autores y orientan los procesos de la siguiente manera:

En almíbar, o cristalizado no seco; se utiliza papaya verde lavada, pelada y en trozos que se vierten en un almíbar previamente preparado (700 g de azúcar por cada litro de agua), se mezclan bien y luego se lleva a una temperatura de 80 C hasta que haya cristalizado (aspecto cristalino o transparente) y se procede a llenar los recipientes en caliente, dejándolos enfriar a temperatura ambiente.

En conserva, tipo coctel de frutas; para ello se requiere papaya madura o pinta, lavada, pelada y entrozada, los cuales se sumergen en un almíbar de 30 a 35 Brix (350 g de azúcar por litro de agua), con adición de ácido cítrico y benzoato de sodio como preservante. Todo junto se lleva a una temperatura de 75 u 80 C por unos 5 minutos; los recipientes se llenan en caliente, se esterilizan en Baño de María y se cierran las tapas, para dejarlos enfriar a temperatura ambiente.



Para la elaboración de bocadillos, jaleas y mermeladas se utiliza la pulpa madura, igualmente las papayas deben de lavarse y pelarse, en este caso los trozos se pasan por una despulpadora con malla 0,66 pulgadas de apertura, que separa pulpa de la placenta (en su defecto, una licuadora y un colador realizan un trabajo similar). Agregue azúcar en la misma proporción a la cantidad de papaya a preparar, lleve a una temperatura de 80 C por 5 minutos, se agrega ácido cítrico y benzoato de sodio, luego se llena en caliente. En este caso debe enfriarse lo más rápido posible.

Algunas empresas se dedican al procesado inicial de la pulpa de papaya, generalmente establecen compromisos con los agricultores, los cuales las abastecen de un volumen más o menos constante del producto durante todo el año. El acabado final varía de acuerdo a la empresa que lo adquiera, ya que pueden dedicarla a la elaboración de yogur, néctares, jaleas, etc.

5.2. APORTE TEÓRICO

5.2.1. Propiedades Medicinales de la Papaya

Los pediatras recomiendan el consumo de la fruta de papaya, en la dieta del infante desde los primeros meses y el consumo en forma de jugos, a partir de los 30 días de nacido. La papaya contiene una enzima llamada papaína, la cual ayuda a la digestión de proteínas en el cuerpo. La papaya puede usarse para el tratamiento de la diarrea, alergias, fiebre del heno e indigestión (Madrigal 1978).

Dentro de otras propiedades de la papaya están:

- protege al cuerpo de la oxidación, por lo tanto previene el cáncer
- ayuda a regular los niveles de colesterol
- fomenta la absorción de hierro
- ayuda a la elaboración y mantenimiento del colágeno, proteína, que es la base para la unión de los tejidos



- ayuda a aliviar la respiración asmática
- ayuda a la recuperación rápida por padecimientos de neumonía, mononucleosis, hepatitis y otras infecciones virales.

Sin embargo el licopeno cumple con otras funciones específicas:

- fortalece el sistema inmunológico
- promueve la fertilidad, esencial para embarazos satisfactorios y lactancia
- necesario para la síntesis de proteínas
- puede prevenir cáncer del estómago, colon, recto, vejiga, pechos, boca, esófago, cérvix y pulmones
- esencial para la sanidad de los ojos
- requerido para la formación de huesos y el desarrollo
- reduce la oxidación y daño de las células nerviosas que ocurre como resultado de golpes
- mejora la actividad de la muerte natural de las células, destruyendo a los agentes invasores

Para García y Roldan (2005), el licopeno, es el pigmento que le imprime el color rojo a la pulpa de la papaya. Los cultivares hawaianos contienen entre 21 – 40 partes por millón. En los cultivares criollos de pulpa amarilla, los pigmentos (criptoxantinas) están presentes en una concentración de 8.1 partes por millón.

La intensidad del color depende de la concentración del pigmento, la cual variará de una localidad a otra. En las pulpas rojas los carotenos contienen un 10 % de los pigmentos, mientras que en pulpas anaranjadas alcanzan un 30 %. La pulpa contiene muy pocos ácidos orgánicos (0.099 %) y estos ácidos son una mezcla de 50 % de ácido cítrico y 50 % de ácido málico.



La papaína es un sulfidrilo proteasa, que es una molécula formada por una cadena de 212 residuos de aminoácidos. La quimopapaína es otra enzima simple que se encuentra en el látex de la papaya.

El suministro de papaína reduce significativamente las poblaciones de patógenos facultativos como: *Escherichiacoli*, *Staphylococusalbus*, *Klebsiellapneumoniae* y *Enterobactercloaceae*. El bencilisotiocianato es un potente antihelmíntico.

En medicina naturista, la papaya se considera abortiva. El té (tisana) de la flor de la papaya es febrífugo y expectorante. El extracto alcohólico de las hojas es sedante y relajante muscular.

5.2.2. Usos de la Papaya y sus derivados

Cuadra (2000), firma que al ganado vacuno que se sacrificará se le inyecta la papaína media hora antes, para suavizar aún más la carne que normalmente es suave; la carne tratada con papaína nunca se debe comer medio cocida, debe ser cocinada suficientemente para inactivar la enzima; la lengua, hígado y riñones de animales inyectados se deben comer rápidamente después de cocinarlos por ser alimentos altamente perecederos.

En la industria se utiliza para rasurar las pieles antes de la coloración y sirve como elemento adjunto en el proceso del caucho. Es aplicada en el hígado de los atunes antes de la extracción del aceite que de esta forma es enriquecido en vitaminas A y D2. Se le encuentra en las pastas de dientes, cosméticos y detergentes, así como en fármacos para auxiliar la digestión.

En la India se aplica el látex fresco en el útero como irritante para provocar abortos. La fruta inmadura es algunas veces arriesgadamente ingerida para lograrlo; las semillas también lo pueden causar y la raíz es hecha pasta con sal, diluida con agua y se da como enema para inducirlo. Las raíces se utilizan para



hacer sal y un concentrado de éstas sirve para expulsar las lombrices. Las hojas secas se fuman para aliviar el asma o como sustituto del tabaco.

En el campo de la medicina científica la papaína se ha utilizado en el tratamiento de úlceras, disolver membranas en la difteria y reduce hinchazones, fiebre y adherencias después de cirugías. De acuerdo con Copley -1956-, la papaína es utilizada para el tratamiento por deslizamiento de discos en la columna y puede evitar la necesidad de la dolorosa y cara intervención quirúrgica de la espalda. También es utilizada para el bronceado de la piel, evitar el encogimiento de la lana y mantener clara la cerveza durante el proceso de fermentación.

Muchos remedios populares se elaboran a partir de la papaya, tanto para humanos como para ganado. Las semillas son comidas como vermífugo y es aparentemente efectivo contra helmintos intestinales excepto la solitaria. En el Sureste de Asia se utiliza la papaya para estimular la producción de leche de las madres y la savia es aplicada en el cuerpo para remover espinas. En la carretera Transamazónica las hojas de papaya tiernas y las frutas dañadas o cocidas con semillas, se dan como alimento al ganado porcino para que engorde y se suavice su carne a la vez de bajar su contenido de grasas. Los indígenas suavizan la carne dura envolviéndola en hojas de papaya y poniéndola a cocer. Las hojas contienen glicósidos, carpósidos y el carpino alcalino. En Tahití, se prepara un concentrado de las flores masculinas de papaya, para tratar la bronquitis. Por otra parte Irvine -1961-, señala que los ashanty en Ghana, utilizan la papaya para tratar la gonorrea y el dolor de estómago, y las raíces hechas polvo se comen para aliviar el dolor de cabeza.

En las Indias Orientales, las hojas tiernas de papaya se cocinan y son comidas como espinacas. Las hojas maduras son amargas y deben ser cocinadas con un cambio de agua para eliminar en gran parte lo amargo. Por otra parte, en la India, las semillas son usadas muchas veces para adulterar la pimienta negra. En el



Instituto Central de Investigación Tecnológica para la Alimentación, en Mysore, India, de las semillas de papayas inmaduras secadas al sol y molidas hasta convertirlas en harina, se extrae un aceite de color entre amarillo y café de débil aroma; donde las semillas blancas contienen 16.1% y las negras 26.8% y se cree tiene usos comestibles e industriales. Seelig -1970- y Poulter et al -1985-, nos indican que también es utilizada en la fotografía y en las industrias de la piel, lana y rayón, y tiene gran valor como remedio en dispepsia y achaques similares. Las hojas se utilizan para suplir al jabón en el lavado de telas delicadas.

a. Papaya deshidrata

Según Chaverri (1983), deshidratar es uno de los procedimientos más antiguos para hacer conservables los alimentos. La deshidratación aprovecha el hecho de que el crecimiento de microorganismos por lo general se frena cuando el contenido de agua está por debajo de cierto nivel. En este proceso es importante extraer el agua de la fruta con el mayor cuidado posible. Las condiciones más importantes para una buena deshidratación: temperaturas moderadas y buena ventilación.

A continuación se presenta la transformación de fruta fresca a fruta deshidratada primero en forma esquemática y luego en forma descriptiva:

- Fruta
- Seleccionar
- Lavar
- Pelar
- Desmenuzar
- Secar
- Clasificar y empacar
- Seleccionar



Después de la cosecha se seleccionará la fruta, pues para la producción de fruta deshidratada sólo se utilizarán piñas frescas, no fermentadas y maduras.

Lavar y pelar

El lavado de la fruta se hará con mucho cuidado por los eventuales daños que se pueden producir en la fruta. Después se retirarán todas partes no comestibles como la corona de hojas, el tallo, las pepas o semillas y las cáscaras.

Desmenuzar y secar

La fruta se cortará en pedazos uniformes, luego se colocará en capas delgadas sobre rejillas y se secará mediante aire o sol, en secadores solares (túneles de secado) u hornos de secado (secado artificial a una temperatura máxima de 70°), respectivamente.

Clasificar y empacar

Antes del empaque se seleccionará nuevamente el producto, es decir se retirarán los trozos que hayan cambiado de color y se hayan tornado oscuros, los restos de cáscara, semillas etc.

b. Confituras de papaya

Las confituras son preparaciones de frutas y diversos tipos de azúcar que se hacen conservables por efecto de su cocción. La consistencia del producto, es decir semisólido pero untable, se logra liberando mediante cocción la pectina que contienen los tejidos de la fruta. A ésta se le agrega más pectina para lograr la sustancia gelatinosa (Ortíz 1978).



c. Conservas de papaya

Las conservas son productos de larga durabilidad envasados en recipientes (demetal o de cristal) cerrados al vacío. Su conservabilidad se logra sometiendo la pulpa o sustancia a tratamiento mediante calor, cuyo efecto es eliminar, o al menos reducir fuertemente, o detener el desarrollo de los microorganismos que se encuentran en la pulpa. Dicho tratamiento evita que la sustancia conservada se dañe (Mejía y Vega 2010).

d. Purés de papaya

García y Roldán (2005), señala que los purés y jugos de fruta son productos que se pueden mantener en buen estado si se los envasa al vacío en recipientes adecuados, (conservas de lata, frascos de cristal, tetra pak, etc.). Su durabilidad se logra principalmente sometiendo los procesos especiales de calentamiento que producirán efectos sobre los microorganismos que se encuentran en el producto reduciéndolos considerablemente, eliminándolos completamente o deteniéndolos en su desarrollo. Con el calentamiento se evitará que el producto se dañe.

Elaboración de puré de papayas

- En la transformación y procesamiento de las papayas se prestará suma atención a los siguientes puntos:
 - La cáscara de la papaya suele estar contaminada con hongos y con residuos que dejan los insectos. El líquido lechoso que contiene la cáscara no se incluirá en la elaboración de puré.
 - Para el procesamiento se desactivarán inmediatamente los enzimas, pues éstos son muy activos y existen en grandes cantidades.
 - Las pepas, que tienen un alto contenido de grasa y un sabor muy propio, se retirarán completamente sin sufrir ningún daño.



- Todos los elementos de las máquinas que entren en contacto con el puré serán de acero inoxidable para evitar la coloración del mismo.

5.2.3. Perspectivas para el uso de la Enzima de Papaina

Según Bermúdez y Lipe (2005), se ha sabido que desde hace muchos años los pueblos de la India Occidental prensaban piezas de carne entre las hojas de papaya, con el objeto de suavizarla. En Barbados se añadían masas de frutas verdes a la carne que de otra manera no se podía cocer. Los nativos también usaban el jugo de la papaya con propósitos cosméticos; así, frotaban ya sea el jugo solo o el jugo mezclado con agua o pigmentos en sus pieles, para obtener así un tono de piel más saludable y suave.

El jugo de la papaya también fue usado por los indígenas contra:

- El eczema
- Las verrugas
- Los parásitos intestinales
- Las úlceras y otras llagas
- La difteria
- Múltiples afecciones de la piel

a. Generalidades.

Según Aguirre y Castillo (2005), la papaína es uno de los mayores constituyentes proteicos del látex del fruto verde del papayo (*Carica papaya*). El término de papaína fue introducido por Wurzt y Bouchut para describir el principio proteolítico del látex de la papaya. Este término es comúnmente aplicado tanto al látex crudo seco, como a la enzima proteolítica cristalina.

La papaína es una proteasa muy bien conocida por su actividad proteolítica. Esta enzima se cree que es producida en carácter de defensa de la fruta contra ser



consumida previamente a que sus semillas hallan madurado. Según los surtidores de papaína, es la enzima proteolítica más potente del mercado y no tiene un sustituto directo. También, no se ha producido ni introducido al mercado una enzima sintética con la misma calidad.

b. El látex de la papaya.

Para Cuadra (2000), el látex se encuentra bajo la cáscara de la papaya verde y plenamente desarrollada. Este látex está contenido en unos pequeños vasos largos que se encuentran justamente debajo de la piel. Cuando estos vasitos son cortados, exudan un líquido claro como el agua, el cual se vuelve opaco por su exposición al aire, siendo este líquido la fuente más importante de papaína. Aunque todas las partes de la planta contienen látex, en plantaciones comerciales para obtener papaína, solo los frutos verdes, maduros y sin cortar son usados para la extracción del látex, porque las exudaciones de estos frutos son más vigorosas que de cualquier otra parte de la planta.

El látex de papaya consiste en una mezcla de proteasas o enzimas. Schack demostró la existencia de cuatro componentes principales con actividad proteolítica:

- Papaína
- Quimiopapaína
- Lisozima
- Material no caracterizado en las proteínas solubles del látex

Juntas estas proteínas son más o menos el 64% de las proteínas solubles del látex. La fracción denominada quimiopapaína es el componente proteolítico más abundante en el extracto. La papaína fue cristalizada por primera vez por Ball et. Al. En 1937.



Cabe mencionarse también que la extracción del látex no daña la pulpa del fruto, pudiendo utilizarse este al madurarse, para consumo fresco o considerar la posibilidad de enlatarlo en forma de trozos o rodajas, fabricar mermeladas, vinagre, néctar, etc., ya sea para consumo interno o para exportación.

c. Aplicaciones industriales.

Madrigal (1978), afirma que la papaína es una enzima proteolítica que tiene muchas aplicaciones y funciones en una gran variedad de industrias.

- Industria de la cerveza: La industria cervecera utiliza el 75% de los suministros mundiales totales de papaína, esta se utiliza para clarificar o estabilizar la cerveza contra el frío, o sea para prevenir la formación de niebla o enturbiamiento debido al frío en esta. La niebla debido al frío consiste en partículas muy pequeñas, las cuales resultan de exponer la cerveza a una temperatura menor de 10°C. La cantidad de niebla formada aumentara a medida que el periodo de almacenamiento aumente o a medida que la temperatura disminuya.

Este problema existe debido a que la cerveza producida es almacenada por largos periodos de tiempo a temperaturas muy bajas.

La composición de la niebla debida al frío varía de cerveza en cerveza. Esta generalmente consiste en taninos, carbohidratos y proteínas. La porción de taninos de esta niebla generalmente consiste de polifenoles.

La porción de carbohidratos consiste en compuestos de bajo peso molecular como glucosa, xilosa y arabinosa. El uso de papaína tiende a hidrolizar la fracción proteínica de la niebla debida al frío, la cual es la causante esencial de esta turbidez; en pocas palabras, las proteínas se pueden disolver gracias a la papaína y, en consecuencia la niebla u opacidad desaparece.



- Posibilidades potenciales de utilización de la papaína: Otras posibles aplicaciones que tiene la papaína son: La posibilidad de usarla en la fabricación de quesos, en la coagulación de la leche, en la fabricación de margarina exenta de efecto cuajante, en la panificación, en laboratorios bacteriológicos, en investigación de proteínas, en la industria del papel, etc. Una aplicación nueva, que es potencialmente muy grande, pero que es todavía de poca importancia hoy en día, es en la proteólisis de productos como la soya y el pescado.

d. Aislamiento.

Mundo y Serrano (2012), señala que el látex de la papaya contiene una mezcla de enzimas, la composición de este y algunas de las características de sus fracciones enzimáticas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2. Características de las enzimas del látex de papaya.

ENZIMA	PESO MOLECULAR	PUNTO ISOELÉCTRICO	CONCENTRACIÓN DE LÁTEX
Papaina	21.000	8,75	10%
Quimiopapaina	36.000	10,10	45%
Lizocina	25.000	10,50	20%

Fuente: Mundo y Serrano 2012.

La papaína puede separarse del resto de enzimas y prepararse rápida y económicamente, en una forma cristalina, en un estado de pureza bueno y en cantidades razonables, a partir del látex seco comercial. Se han desarrollado muchos métodos para aislar la papaína del resto de enzimas, entre ellos cabe mencionar el desarrollado por Kimmel y Smith, que es uno de los métodos más usados de extracción de papaína.



Este procedimiento comprende una extracción del látex, eliminación del material insoluble en el extracto a un pH=9, precipitaciones con sulfato de amonio, seguidas de tres recristalizaciones. La papaína pura obtenida por este método contiene tres componentes:

- Papaína activa
- Papaína no activable
- Papaína activable

Por este método se obtienen aproximadamente de 6 a 7 mg de papaína pura por gramo de látex seco. En general, lo que se busca en la purificación del látex seco es:

- Reducir el contenido de componentes no proteolíticos, para obtener una fracción con mayor actividad proteolítica.
- Separar la papaína u otro componente del resto de enzimas o compuestos con actividad proteolítica (o al menos incrementar la proporción de esta).
- Obtener un producto más estable para incrementar su vida de almacenamiento.
- Obtener un producto estéril para una aplicación específica.

La papaína aislada representa solo una parte menor del total de actividad proteolítica, esto se debe a que hay otra enzima proteolítica presente en el látex en una proporción considerablemente mayor, que también ha sido aislada en forma cristalina por medio de un procedimiento diferente, siendo esta la quimiopapaína. La suma de las actividades de estas dos enzimas cristalinas representa casi el total de la actividad proteolítica del látex fresco.



e. Propiedades físicas.

De acuerdo a Mundo y Serrano (2012), la papaína cristalina se presenta en forma de agujas bajo el microscopio. Algunas veces, presenta otra forma de cristales, laminas largas con caras hexagonales alargadas, menos solubles en agua.

La papaína cristalina es soluble en agua y en alcohol etílico o metílico al 70% y notablemente estable en solución de urea 9.0 M, pero puede ser precipitada fácilmente (Saltingout) en solución, especialmente a bajas temperaturas.

Cuadro N° 3. Propiedades físicas de la papaína.

PROPIEDAD	VALOR
Punto isoeléctrico	pH= 8.75
Constante de sedimentación	2.42 ± 0.04 seg
Constante de difusión	10.27 ± 0.13×10 ⁷ cm ² seg ⁻¹
Peso molecular	23,350 Daltons
Rotación óptica (pH= 5.7, 25°C)	-66.7

Fuente: Mundo y Serrano 2012.

f. Composición química y estructura.

De acuerdo a García y Roldán (2005), la papaína es funcionalmente clasificada como una enzima hidrolasa y proteasa tiolica. Fue la primera enzima reconocida como miembro de una clase de enzimas proteolíticas que necesitan un grupo sulfhidrilo libre para desarrollar su actividad. La base de datos SCOP (siglas en inglés para Clasificación Estructural de Proteínas) coloca a esta enzima en la clase de las Proteasas Cisteínicas (Superfamilia: Proteasas Cisteínicas).



La papaína existe como un monómero, consistente de 212 residuos. Es una proteína simple conteniendo solamente aminoácidos y desprovista de carbohidratos. Todos los aminoácidos usuales están presentes con excepción de la metionina.

La composición elemental de la papaína cristalina ha sido reportada que contiene un 16.1% de nitrógeno y un 1.2% de azufre. La composición de aminoácidos reportada por Smith y Kimmel se muestra en siguiente cuadro:

Cuadro N° 4. Composición en aminoácidos de la papaína.

AMINOÁCIDO	PROTEÍNA
Tirosina	14.71
Acido glutámico	12.43
Acido aspártico	11.32
Glicina	8.60
Valina	8.43
Arginina	7.75
Leucina	6.10
Alanina	6.08
Isoleucina	6.05
Serina	5.91
Lisina	5.67
Prolina	5.11

Fuente: García y Roldan (2005).

g. Estabilidad.

Mejía y Vega (2010), señalan que la enzima cristalina muestra un alto grado de estabilidad. Como cristales en suspensión en solución de cloruro de sodio, puede mantenerse a 4 °C por varios meses sin pérdida detectable de su actividad. Sin



embargo la propiedad más notable de la papaína es su estabilidad cuando se expone a altas temperaturas, solventes orgánicos y reactivos los cuales pueden causar la desnaturalización de otras enzimas. Algunas propiedades y factores que influyen en la acción de la papaína son:

- Temperatura: Es de recordar que los nativos del trópico ablandaban su carne hirviéndola con pedazos de papaya verde o con su jugo; este fenómeno fue reportado por numerosos investigadores de este campo desde hace mucho tiempo. Las enzimas proteolíticas son tradicionalmente poco estables al calor, pero la papaína es relativamente la enzima más estable en un rango de temperatura amplio, propiedad que no es compartida por otras proteasas vegetales.

Se encontró que una muestra de papaína todavía retiene actividad después de haber sido calentada a 105° C. Esto se basa en el descubrimiento de que la papaína resiste calor seco a 100° C por 3 horas.

Sin embargo cuando se usó papaína en solución, su actividad fue destruida por calentamiento a 82.5°C, esto se debe a que la papaína es más estable en estado sólido que en solución.

- pH del medio: Una de las peculiaridades de la papaína es su actividad proteolítica en un amplio rango de condiciones de pH. Declaraciones recientes muestran que la papaína es activa en un medio ácido, neutro y básico, cubriendo esta actividad un rango de pH de 3 a 12.

En efecto este es probablemente el rango efectivo más amplio de pH que el de cualquier otra enzima proteolítica. También se ha reportado que el óptimo de estabilidad de la papaína en solución es del rango de pH de 5 a 6. La acción óptima de papaína sobre caseína ha sido encontrada a un pH de 6.5 y 7.

- Efecto del almacenamiento: La papaína pierde la actividad durante su almacenamiento, especialmente cuando esta se encuentra en solución.



Se han reportado pérdidas de actividad de preparaciones comerciales de papaína que se han almacenado durante varios meses o durante un año, y también de muestras de papaína de diversos grados de pureza que han perdido en promedio, cerca de un 30% de su actividad en 3-6 meses, cuando se han mantenido a 25°C.

El método de preparación de la papaína es muy importante en relación a su estabilidad durante el almacenamiento. Estudios especiales sobre la estabilidad de la papaína han confirmado que mucha de la actividad del látex se pierde durante el secado y su subsecuente almacenamiento.

g. Activación de la papaína.

Según Ortiz (1978), la papaína es activada por agentes reductores y desactivada por agentes oxidantes. Los agentes más comunes usados son cisteína cianuro y sulfuros. Es importante enfatizar que aunque la papaína requiere activación, no es requerida la presencia continua del activador, la efectividad del sistema activador depende de cual sistema buffer sea utilizado. Esta variabilidad del sistema buffer es eliminada si el EDTA (ácido etilendiaminotetracético) es usado en unión del agente reductor.

Varios agentes como el yodo, bromo, peróxido de hidrógeno diluido y oxígeno atmosférico inactivan la papaína bajo ciertas condiciones. Estos efectos han sido explicados por la naturaleza del grupo "tiol" de la enzima, el cual es activo en estado reductor e inactivo en estado oxidado.

h. Sitio activo.

Para Chaverri (1983), la interacción entre enzima y sustrato ocurre en la superficie de la molécula de papaína en un surco el cual está situado entre las dos partes de la molécula. La cadena lateral de cisteína 25 se encuentra en la ranura, si el grupo SH de la cisteína no se encuentra libre, ya sea por bloqueo por metales pesados,



por agentes alquilantes o por formación disulfítica, la actividad de la enzima desaparece completamente.

Cercano al grupo sulfhídrico se encuentra el anillo imidazólico de la histidina 159, el cual se encuentra unido a su vez a través de puentes de hidrogeno, con la cadena lateral de asparagina 175; dándole forma a la triada catalítica que forma el sitio activo de la papaína.

i. Especificidad.

Cuadra (2000), señala que se ha conocido desde hace muchos años que la papaína puede producir una degradación de la proteína en muchos sustratos, más que cualquier otras proteasa vegetal conocida. La papaína tiene una amplia especificidad, así puede hidrolizar sustratos sintéticos que son los generalmente usados para tripsina, quimiotripsina o pepsina. La papaína es también muy activa en la hidrólisis de amidas y ésteres. La papaína hidroliza las amidas de la arginina, lisina, glutamina, histidina, glicina y tirosina, todas ellas α -amino sustituidas.

La amplia variedad de enlaces peptídicos hidrolizados por la papaína puede ser superficialmente interpretado como indicativo de un bajo grado de especificidad de la enzima. Sin embargo, numerosos estudios han demostrado que factores gobernando la especificidad de la papaína no pueden ser discernidos a partir del examen de su acción sobre pequeños sustratos sintéticos o sobre péptidos pequeños elegidos al azar.

Debido a su amplia especificidad, la papaína no ha sido comúnmente usada para la hidrólisis de proteínas y polipéptidos muy largos, sin embargo, ha sido excesivamente valiosa para la hidrólisis de péptidos de moderado tamaño cuando estos no contienen enlaces del tipo susceptible a las ampliamente utilizadas tripsina y quimiotripsina.



La aplicación de sustratos sintéticos simples en el estudio de la especificidad de enzimas proteolíticas ha resultado con grandes progresos para el entendimiento de la acción de la papaína. Usando dichos sustratos se ha encontrado que los preparados comerciales de papaína no atacan los dipéptidos, o si lo hacen, lo hacen muy despacio. Kimmel y Smith, han reportado que el ácido carbobenzoil-L-glutamico es un inhibidor de la papaína en la región de pH de 3.9 4.5; también se ha demostrado que el ácido carbobenzoil-L-aspartico produce inhibición similar.

j. Tipos de papaína.

Según Cunha (1980), los principales tipos de papaína que actualmente se venden en el mercado internacional son:

- Papaína Cruda: Esta se obtiene por el secado del látex al sol o en hornos rústicos. Es un producto de baja calidad, baja estabilidad biológica y por lo tanto de vida corta y de una actividad proteolítica relativamente baja (aproximadamente 350 unidades tirosina/mg), su rendimiento a partir del látex fresco es de un 20% en peso aproximadamente.
- Papaína Semirefinada: Es obtenida por secado del látex bajo condiciones controladas. Sin embargo su vida es limitada a 6-8 meses, su rendimiento a partir del látex es de un 25% en peso aproximadamente y su actividad proteolítica es más bajo que de la papaína completamente refinada (450-500 unidades tirosina/mg). Su color es blanco.
- Papaína Refinada: Este producto es biológicamente estable y completamente libre de materia extraña, y tiene una actividad proteolítica más alta que las anteriores (800-1000 unidades tirosina/mg y más). Generalmente es obtenida a través de un proceso de secado por aspersion al vacio (método de Bourdart); a grandes rasgos la secuencia de operaciones que sigue este látex son: Homogenización, clarificación, filtración sobre placas clarificantes, concentración, filtración esterilizante y



atomización. La relación de látex fresco a papaína que se vende refinada es de 6:1 o 7:1. Es la papaína más purificada que se vende actualmente en el mercado internacional. También existen otros métodos para su obtención, como el de fraccionamiento alcohólico.

k. Extracción y recolección del látex.

De acuerdo a Chávez (1981), la extracción del látex se lleva a cabo por medio del estriado de los frutos verdes. El estriado consiste en hacer incisiones longitudinales en la cáscara del fruto; respecto a la profundidad de las incisiones, algunos autores recomiendan que estas no sean mayores de 2 mm. Mientras que otros dan un rango de variabilidad de 2 a 2.5 mm, y algunos opinan que la profundidad de estas pueden ser de hasta 3mm.

Debe de cuidarse mucho esto, ya que incisiones profundas podrían causar infecciones, echando a perder el fruto.

Se recomienda utilizar materiales no oxidables para la extracción del látex. Así, los incisores deben ser de acero inoxidable, aluminio, madera, hueso, vidrio, o bambú, pero nunca de metal corriente, esto es debido a que la papaína pierde su actividad fácilmente al estar en contacto con metales como el hierro y el cobre. Las hojas de afeitar de acero inoxidable de doble filo han sido utilizadas con éxito para ello.

Generalmente el incisor consiste de una vara de madera, a la cual se le prende un trozo de hoja de afeitar o navaja, de un tamaño tal, que vaya de acuerdo con la profundidad deseada de las incisiones.

Una vez realizadas las incisiones, el látex fluye, y cae en los recipientes colectores. Estos recipientes deben ser siempre de un material que no desactive la papaína, así pueden usarse de acero inoxidable, porcelana, vidrio, metal esmaltado, plástico, lona, aluminio.



El látex que coagula sobre la incisión, luego que ha cesado el flujo, se raspa, con utensilios no corrosivos y se mezcla con el anterior, ya que no existediferencia en la actividad proteolítica entre la papaína obtenida del látex fluido y del que coagula en la incisión.

Luego de ser colectado el látex, este es transportado en recipientes de material adecuado y se somete ya sea a un simple proceso de secado o directamente a un proceso de purificación, dependiendo de su uso final.



5.6. CONCLUSIONES

La información bibliográfica recopilada luego sistematizada y analizada, permiten efectuar las siguientes conclusiones:

- La papaya, en el municipio de Puerto Rico como ocurre en el resto del departamento Pando y la región amazónica, La especie si bien no se la cultiva de forma intensiva, por ser una especie perenne se produce casi naturalmente. Su fruto es utilizado como parte de la alimentación tanto en maduro como en verde (ensalada), sin embargo no se practica ningún tipo de procesamiento mucho menos la industrialización, debido a que los agricultores desconocen las técnicas por tanto es una oportunidad no aprovechada, para mejorar los ingresos.
- De acuerdo a la bibliografía, la región reúne las condiciones climáticas y edáficas para el cultivo y producción de la papaya, por lo que es posible incrementar la superficie cultivada de esta especie, complementada con acciones de comercialización e industrialización.
- Dentro de otras propiedades de la papaya para la salud están: a) protege al cuerpo de la oxidación, por lo tanto previene el cáncer, b) ayuda a regular los niveles de colesterol, c) fomenta la absorción de hierro, d) ayuda a la elaboración y mantenimiento del colágeno, proteína, que es la base para la unión de los tejidos, e) ayuda a aliviar la respiración asmática, f) ayuda a la recuperación rápida por padecimientos de neumonía, mononucleosis, hepatitis y otras infecciones virales.
- Entre los usos industriales de la papaya están: papaya deshidratada para conservación, confituras de papaya, conservas de papaya y puré de papaya. Especial interés presenta la papaína que por sus múltiples propiedades tienen una diversidad de usos agroindustriales.



5.7. RECOMENDACIONES

Por todo lo anteriormente mencionado, la autora se permite efectuar las siguientes recomendaciones:

- Continuar con investigaciones a nivel experimental orientada a industrializar el fruto de la papaya en el municipio de Puerto Rico.
- Toda acción orientada a mejorar la producción de la papaya en el municipio de Puerto Rico, debe contemplar entre otros la capacitación a los productores en el técnicas de producción y procesamiento, complementado con las técnicas de cultivo de papaya desde la obtención del material vegetal, pasando por la siembra, labores, culturales, cosecha y comercialización.
- Difundir los resultados de la presente investigación a nivel monográfico a los agricultores del municipio de Puerto Rico, para que conozcan la importancia de los daños causados por insectos en el cultivo de plátano.
- Las instituciones y autoridades responsables del desarrollo productivo del municipio (unidad de desarrollo productivo) y del departamento (secretaría departamental de desarrollo productivo), universidad amazónica de Pando y Organizaciones No Gubernamentales, deben emprender acciones coordinadas que se complementen y no se dupliquen esfuerzos.



BIBLIOGRAFÍA

- Barrantes, J. 1987. Evaluación de la tecnología utilizada en el cultivo de papaya (*Carica papaya*) en la zona de la Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Informe Bch. Agr. Alajuela, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 51 p.
- CENTA 2010. (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Guía Técnica del Cultivo de la Papaya. El Salvador.
- Cerdas, M.M. y Saenz, M.V. 1993. Diagnóstico sobre el manejo postcosecha de papaya (*Caricapapaya*) en Paquera, Puntarenas. Agronomía Costarricense (C.R.) 17(2): 49-54.
- Cunha, R. 1980. Abudacao do mamoneiro. In. Cultura do mamoneiro. Piracicaba, Sao Pablo, Brasil. Librocetes, 91p.
- Mundo J C y Serrano D. 2012. Extracción de la enzima papaina del látex de *Carica papaya* (Papayo) cultivado en el país y su aplicación en cicatrices tipo queleide y verrugas. San Salvador. El Salvador.
- Guzmán G. 1998. *Carica papaya* Caricaceae. San José Costa Rica
- Aguirre E y Castillo P. 2005 Extracción y estudio comparativo de las enzimas proteolíticas del fruto toronche (*Caricastipulata*) y de la papaya (*Carica papaya*) y su aplicación en la industria alimenticia. Guayaquil, Ecuador.
- Bermúdez Molina F R, Lipe Sanabria R G. 2005. Estudio preliminar de la actividad proteolítica de la enzima papaína sobre cicatrices tipo queleide y estrías. Trabajo de graduación Lic. en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Chaverri Álvarez A. 1983. Comparación de la actividad proteolítica de la papaína secada por diferentes métodos. Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería. Costa Rica. Universidad de Costa Rica.



- Chávez Crisonino P. 1981. Estudio de prefactibilidad para una planta de papaína refinada. Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería. El Salvador. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Cuadra Zelaya T E. 2000. Normalización de la enzima papaína inmovilizada por la técnica de atrapamiento en gel, Trabajo de graduación, Lic. en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- García Flores V A y Roldan Cerna E D. 2005. Ensayo de la actividad de la enzima papaína inmovilizada y su aplicación en aguas residuales de la industria alimenticia. Trabajo de graduación. Lic. en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Madrigal Sánchez L. 1978. Efecto de algunas variables sobre el rendimiento de la papaína cruda. Trabajo de graduación, Lic. en Tecnología de Alimentos. Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- Mejía Aguilar R B y Vega Ramos C X. 2010. Medición de la actividad proteolítica de la enzima papaína natural extraída del látex de papayo (*Carica papaya*) e inmovilizada en gel de agar. Trabajo de graduación, Lic. en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Ortiz Navarrete A. 1978 Estudio sobre la actividad proteolítica y secado del látex de la papaya (*Carica papaya*) en Costa Rica. Trabajo de graduación, Lic. en Tecnología de Alimentos. Costa Rica. Universidad de Costa Rica.