

# INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA  
CATALINA

## INFORME ANUAL 2003

*Departamento de Nutrición y Calidad*

Quito - Ecuador  
2 0 0 4

## 2. PERSONAL

<i>Susana Espín</i>	Química Ms Exec.
<i>Armando Rubio</i>	Dr. en Biología
<i>Beatriz Brito</i>	Ing. Química Ms.
<i>Nelly Lara</i>	Ingeniera en Alimentos MSc.
<i>Elena Villacrés</i>	Ingeniera en Alimentos MSc.
<i>Carmen Amelia Rosales</i>	Bachiller Agrónoma
<i>Bladimir Ortiz</i>	Bachiller Químico-Biólogo
<i>Martha Cecilia Herrera</i>	Secretaria
<i>Rocio Suntaxi</i>	Conserje

---

### 3. AGRADECIMIENTO

**N**uestros reconocimientos al Programa de Modernización de Servicios Agrícolas (PROMSA), Common Fund for Commodities (CFC), Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT), a través del Programa BID-Fundacyt, International Foundation for Science (IFS), Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) donantes y auspiciadores de los diferentes proyectos que se ejecutan en el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

*A los Socios Nacionales e Internacionales, Grupos Meta y de Referencia, Investigadores de dentro y fuera del país que participaron y apoyan las diversas actividades de investigación, transferencia y capacitación ejecutadas en el año 2003*

*A los compañeros de las Estaciones Experimentales Santa Catalina, Pichilingue, Boliche y Portoviejo del INIAP, por permitirnos realizar un trabajo mancomunado y de apoyo mutuo, para lograr mejores resultados en beneficio de los objetivos institucionales .*

*A nuestros estudiantes, becarios,, pasantes y asistentes de investigación contratados por los proyectos, por su trabajo silencioso pero muy valioso dentro de la obtención de resultados y consecución de objetivos. Se considera un aporte interesante de nuestra gestión, hacia la formación de futuros investigadores .*

*Un agradecimiento muy especial a las autoridades del INIAP y de la Estación Santa Catalina, así como para todo el personal administrativo que labora en esta Estación y Oficina Central, que de una u otra manera han participado y colaborado en la obtención de los resultados que se presentan en este informe de labores.*

## 4. INTRODUCCIÓN O PRESENTACIÓN

**D**urante el año 2003, el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, ha continuado ejecutando las actividades previstas en la cartera de proyectos vigente, gracias a los recursos obtenidos de fuentes externas y de la capacidad y liderazgo de su personal técnico para trabajar en alianzas estratégicas nacionales e internacionales logrando poner a disposición del sector agropecuario y productivo del país, al menos 10 nuevas tecnologías y productos en varios rubros agrícolas.

*La finalidad de los trabajos realizados, se enmarcan dentro del mejoramiento de la calidad de vida de sectores vulnerables de la población involucrados en la producción de maíz, banano, plátano, quinua y otras frutas tropicales y andinas de exportación. También se busca fortalecer la posición en el mercado del cacao fino de aroma, proveyendo criterios de aceptación universal para transparentar las negociaciones, diferenciando de manera objetiva cacao fino del ordinario.*

*Se continua trabajando en el rescate y valorización de cultivos andinos subexplotados, principalmente granos, raíces y tubérculos considerando su importancia nutricional, agroindustrial y nutracéutica,*

*Durante el año 2003, se han ejecutado 15 actividades bajo la modalidad de tesis de grado en beneficio de varios estudiantes provenientes de las diferentes Universidades y Escuelas Politécnicas del país siendo un importante aporte hacia la formación de los futuros investigadores.*

*Se ofreció de manera permanente el servicio de análisis Bromatológico y de calidad de alimentos destinados al consumo humano y animal, en apoyo a la investigación y sector productivo del país. Se registró un ingreso de 1447 muestras, realizando 20100 determinaciones de los diferentes parámetros solicitados.*

**CÓDIGO: 63404**

<p><b>TÍTULO: "APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AGROINDUSTRIALES PARA EL TRATAMIENTO DE FRUTAS TROPICALES Y ANDINAS PARA EXPORTACIÓN"</b></p>
---

**RESPONSABLES:** Ing. Ms. Beatriz Brito

**COLABORADORES:** Quím. Ms. Susana Espín, Ing. MSc. Nelly Lara, Ing. MSc. Alfonso Valarezo, Ing. Ph.D Fabrice Vaillant.

**INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

INIAP: Estación Experimental Santa Catalina, Estación Experimental Portoviejo  
CIRAD-FLHOR. Sede para América Latina en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA), Universidad de Costa Rica

**FECHA INICIO:** Marzo 14 del 2001

**FECHA FINALIZACIÓN:** Diciembre 30 del 2003

**INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador, así como en otros países latinoamericanos, se ha incrementado el desarrollo agroindustrial, alcanzando mayores niveles de investigación y difusión, es así que el futuro de la producción de frutas percederas como chirimoya, guayaba y mango, así como de otras frutas de interés comercial, está basado en el desarrollo de agroindustrias de primera transformación.

El sector frutícola es de importancia para la diversidad de la producción rural, con ventajas competitivas y con alto potencial para el desarrollo económico de nuestro país, como lo confirma el alto consumo local de productos procesados a partir de frutas, así como la creciente demanda internacional de elaborados derivados de "frutas exóticas". Es necesario fortalecer este potencial mediante el desarrollo y validación de tecnologías adaptadas a las características socioeconómicas del grupo meta, ya que en muchos casos, para ellos, el mercado en fresco resulta ser la única alternativa, aunque no la más conveniente para sus producciones frutícolas.

Este proyecto justifica su ejecución, mediante el planteamiento al mejoramiento de los siguientes aspectos: El uso de materias primas perecibles y disponibles en exceso en determinadas épocas del año, o que no puedan ingresar a los mercados nacionales e internacionales, para la obtención de nuevos productos.

**OBJETIVO DEL PROYECTO Y RESULTADOS POR LOGRAR**

El objetivo general o propósito del proyecto es contribuir al desarrollo sostenible del sector frutícola del país, mediante la oferta y aplicación de nuevas alternativas tecnológicas de transformación y conservación, atendiendo los parámetros de calidad del mercado nacional e internacional.

Los resultados por lograr se presentan a continuación:

- R1 Tecnología para la obtención de cremogenados de chirimoya, guayaba y mango.
- R2 Tecnología para la obtención de pulpas tratadas enzimáticamente de chirimoya, guayaba y mango.
- R3 Tecnología para la obtención de jugos clarificados enzimáticamente y otros elaborados que se obtengan de chirimoya, guayaba y mango.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

A continuación se describe en forma acumulativa las actividades desarrolladas, señalando la forma como se realizaron y la metodología utilizada.

### **Reuniones de seguimiento y evaluación**

El 3 de abril del 2001, en el aula de clases de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, se realizó una reunión inicial (Ex ante) del proyecto, asistiendo todo el personal involucrado en la ejecución y evaluación, la cual sirvió para socializarse e interrelacionarse entre todos los integrantes del proyecto, se establecieron las relaciones de trabajo que existirían entre los diferentes actores del proyecto, con el fin de iniciar su ejecución.

El 4 de abril del 2002 y el 9 de mayo del 2003, en el aula de clases No. 3 del edificio del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en la ciudad de Quito, se realizaron las reuniones de todo el personal involucrado en la ejecución y evaluación, la cual sirvió para presentar los resultados del primer y segundo año de ejecución del proyecto, de igual manera se consolidaron los compromisos de trabajo entre los beneficiarios/as, ejecutores/as y participantes del proyecto, y se recibieron las sugerencias por parte del Grupo de Referencia.

Adicionalmente el Oficial de Proyectos de la Unidad Ejecutora del Fondo Competitivo ha realizado visitas de evaluación y seguimiento.

### **Misiones técnicas del representante de la institución colaboradora en el exterior**

Del 2 al 6 de abril del 2001, el Dr. Fabrice Vaillant, Investigador del CIRAD-FLHOR y Profesor visitante honorario de la Universidad del Valle en Cali-Colombia, realizó su primera visita, para coordinar las actividades de investigación que se ejecutarían en el proyecto.

Desde septiembre del 2001, la sede de este Centro Internacional se encuentra en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica, desde donde ha realizado las misiones técnicas al proyecto, con el propósito de analizar los resultados obtenidos, orientar los trabajos a seguir, asistir en reuniones con representantes del Grupo Meta y participar en seminarios de difusión, las mismas que se desarrollaron: del 26 de noviembre al 4 de diciembre del 2001, del 31 de julio al 2 de agosto del 2002, del 28 de noviembre al 2 de diciembre del 2002, del 7 al 20 de septiembre del 2003 y del 13 al 16 de diciembre del 2003.

### **Caracterización del Grupo Meta**

Se ha realizado un diagnóstico de Línea Base para el proyecto, actividad que se realizó durante los meses de mayo a noviembre del 2001 y que sirvió para caracterizar al Grupo Meta, definiendo a los beneficiarios/as más representativos/as para el proyecto, de los cuales se ha obtenido la información más relevante que servirá para la evaluación del impacto que a futuro tengan los resultados que se generen en el proyecto. Esta actividad se ha realizado sobre una población representativa y ajustada a un presupuesto limitado para la misma.

Se seleccionó las zonas más representativas para chirimoya, guayaba y mango de exportación, desde el punto de vista de mayor producción en el país, para el desarrollo del proyecto, identificando a las provincias de Pichincha, Pastaza y Guayas, respectivamente. El diagnóstico se lo realizó a través de entrevistas personales, para lo cual se diseñó un formulario que permitió recoger la información en diferentes aspectos, con relación a cada cultivo, posteriormente se realizaron las visitas a los productores y en el caso del mango a las plantas de tratamiento, con el fin de validar las encuestas previamente diseñadas.

Esta actividad fue coordinada a través de la responsable del proyecto con el Departamento de Planificación y Economía Agrícola de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, se contó con la colaboración del representante de la Cooperativa Agrícola Doña Ana y el Ing. Mario Mateus para el rubro chirimoya; el Ing. Laureano Martínez, Agente de TTA-PROMSA para el rubro guayaba; y para el rubro mango de la Directora Técnica de la Fundación Mango Ecuador, así como del Ing. Alfonso Valarezo.

### **Seleccionar y caracterizar físico y químicamente la materia prima**

Como materia prima para la investigación, se seleccionó: las variedades de mango de exportación Tommy Atkins y Kent, ya que según estimaciones de la Fundación Mango Ecuador, actualmente en la provincia del Guayas, existen alrededor de 10.000 ha sembradas, de las cuales el 57% corresponden a la variedad Tommy Atkins, siguiéndole en importancia la variedad Kent. Un ecotipo de chirimoya conocida como "lisa mejorada" de las zonas productoras de Guayllabamba y Puéllaro, en la provincia de Pichincha. Y un ecotipo de guayaba de pulpa rosada, de las zonas productoras de Santa Clara, Mera, Pastaza y Baños, en las provincias de Pastaza y Tungurahua.

Los productores de chirimoya a la medida de sus posibilidades colaboraron con la entrega de fruta para el proyecto. La Fundación Mango Ecuador, de igual manera nos ha proporcionado la fruta que se ha utilizado en la investigación. La fruta fue tratada, conservada en refrigeración y congelación, de acuerdo a los requerimientos de los ensayos.

Es importante realizar esta caracterización inicial, con el fin de conocer el grado de madurez y la calidad de la fruta con la cual se está realizando la investigación. La caracterización física y química, se realizó en los Laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, utilizándose metodologías estandarizadas, los parámetros que se determinaron fueron: Físicas: peso, largo, diámetro, relación L/D, firmeza de pulpa o fruta. Fisicoquímicas: pH, acidez titulable, humedad, materia seca, sólidos solubles. Químicas: azúcares totales, azúcares reductores, vitamina C, taninos.

### **Extracción y caracterización química de la pared celular (MIAA) y la pectina soluble en agua (PSA) de las frutas en estudio**

La fruta está compuesta de pared celular y solutos en solución, los fragmentos de la pared celular son los responsables de las propiedades reológicas de las pulpas o purés, de ahí la importancia de su caracterización, ya que permite establecer a los polisacáridos que ocasionan los problemas tecnológicos a resolver (viscosidad, consistencia y sólidos en suspensión, principalmente), además permite describir la relación entre ellos, en cada uno de los resultados del proyecto.

Se ha investigado en siete muestras, en las cuales se realizó la extracción de la pared celular correspondiente a las siguientes partes: en la chirimoya (ecotipo lisa mejorada) se utilizó la pulpa incluido el tallo central, para la guayaba (ecotipo pulpa rosada) se utilizó la pulpa y la muestra entera (sin semillas), para el mango (variedades Tommy Atkins y Kent) se empleó la pulpa y la cáscara por separado.

Se realizó a las muestras lavados sucesivos con etanol al 80% en caliente, hasta que la prueba cualitativa de presencia de azúcares sea negativa, luego se liofilizó obteniéndose la pared celular sin purificar (MIA), en la muestra liofilizada se procedió a realizar lavados continuos con agua con el fin de extraer la pectina soluble en agua (PSA). En caso de que el contenido de proteína y almidón sea superior al 5% en la MIA, es necesario realizar una proteólisis y amilólisis, con el fin de purificar la pared celular. Se presentan los resultados obtenidos en la pared celular purificada (MIAA) y la pectina soluble en agua (PSA).

### **Determinación de monosacáridos por cromatografía en fase gaseosa**

La estandarización de la técnica por cromatografía en fase gaseosa para la determinación de monosacáridos, cuya importancia radica en el conocimiento de este tipo de azúcares como complemento a la caracterización química, principalmente, en la pared celular de las frutas, además es un parámetro que ayuda en la selección de la preparación enzimática comercial que se utiliza como auxiliar tecnológico para el procesamiento agroindustrial, este tema fue desarrollado como investigación de una tesis de Licenciatura en Ciencias Químicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

El estudio se llevó a cabo en dos etapas. En la primera se estandarizó el método de análisis a través de la optimización las condiciones analíticas e instrumentales, para lo cual se consideraron los siguientes parámetros:

- ❖ Límite de detección ("Cantidad Mínima Detectable - LOD").
- ❖ Límite de cuantificación ("Cantidad mínima cuantificable - LOQ").
- ❖ Linealidad y Rango lineal.
- ❖ Precisión: Repetibilidad. Reproducibilidad.
- ❖ Exactitud.

En la segunda etapa se determinó el contenido de monosacáridos en las muestras correspondientes a las paredes celulares purificadas (MIAA), sobrenadantes resultantes de los mejores procesos de enzimación (SEM), como parámetro de evaluación de la eficiencia de los tratamientos enzimáticos empleados. Para el análisis estadístico, los tratamientos constituyeron la combinación de los factores: Tipo de Fruta, Tipo de Producto sometido a hidrólisis y tipo de ácido empleado en la hidrólisis de los productos. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar en arreglo factorial A x B x C (4 x 2 x 2) con tres replicas.

### **Tecnología para la obtención de cremogenados**

La obtención de cremogenados de chirimoya, guayaba y mango fue desarrollado como tema de investigación de una tesis de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica del Chimborazo.

La fruta que se utilizó fue proporcionada por: la Fundación Mango Ecuador, en la provincia del Guayas, muestreos que se realizaron en las plantas de tratamiento del mango de exportación; la chirimoya y guayaba se muestrearon en las zonas productoras de la provincia de Pichincha y Pastaza, respectivamente.

El procesamiento para obtener los cremogenados de las diferentes frutas comprende las siguientes etapas: Selección, lavado y pesado las frutas. Despulpado. Desintegración. Escaldado y enfriamiento. Homogenización con o sin enzimación. Pasteurización. Envasado. Almacenamiento. La determinación del porcentaje de cáscara que se puede incorporar al cremogenado de mango y guayaba, en chirimoya se homogenizó la pulpa incluyendo el endocarpio y el tallo vegetativo; se lo obtuvo de las pruebas sensoriales realizadas a catadores no entrenados, habiéndose medido los atributos de color, apariencia, olor y sabor.



Tomando como base los resultados obtenidos de la caracterización química de la pared celular de la fruta se seleccionó el mejor cóctel enzimático comercial de acuerdo al efecto tecnológico que se desea obtener para estos productos.

Para establecer el tiempo de vida útil, los productos se almacenaron durante 30 días a tres temperaturas:  $0 \pm 2$  °C,  $18 \pm 2$  °C y  $36 \pm 2$  °C, habiéndose aplicado un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial 3x4 con dos replicas. Para evaluar la calidad en los productos recién elaborados y almacenados se realizaron las siguientes determinaciones: acidez titulable, pH, vitamina C, sólidos solubles, azúcares totales y un control microbiológico. Se realizó un análisis económico para establecer el punto de equilibrio, para presentaciones de 500 gramos en los diferentes productos.

### **Tecnología para la obtención de pulpas tratadas enzimáticamente**

Este resultado se llevó a cabo como investigación de una tesis de pregrado en Química de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Se ha realizado la evaluación y selección de la fruta en su estado de madurez comestible, de esta materia prima se obtuvo la pulpa y se extrajo la pared celular purificada (MIAA). La investigación se dividió en dos fases.

En la primera fase se realizó el tratamiento enzimático sobre las paredes celulares purificadas de las cuatro frutas en estudio, con el objeto de optimizar el uso de las tres preparaciones enzimáticas comerciales: Rapidasse Carrot Cloud (*Aspergillus niger*), Rapidasse Pomaliq 2F (*Aspergillus Níger* y *Trichoderma longibrachiatum*) y Tropical Cloud (*Aspergillus niger*), ajustándose a las concentraciones utilizadas por la industria, para lo cual se diseñó un plan de experiencias esférico con dos puntos centrales, utilizando concentraciones que van desde los 50 a 500 ppm y temperaturas de incubación que varían entre 30 a 60 °C, manteniendo el tiempo incubación constante a 90 minutos.

Aplicando la matriz de experiencia superficial para la optimización de la acción de los cócteles enzimáticos sobre las paredes celulares purificadas (MIAA) se estableció el mejor cóctel y las condiciones óptimas de concentración y temperatura a las cuales se produce el porcentaje de solubilización más alto sobre cada pared celular, el cual se obtiene del análisis del contenido de azúcares totales y ácido galacturónico en los sobrenadantes resultantes de la enzimación. Adicionalmente se controló la viscosidad de las pulpas y en los sobrenadantes (jugos) obtenidos luego de un proceso de centrifugación.

En la segunda fase se realizó el estudio del tiempo de vida útil de estas pulpas, utilizándose los mejores resultados de los tratamientos en la primera fase. Se empleó un diseño experimental en la conservación de las pulpas tratadas enzimáticamente, las cuales se almacenaron durante 30 días a tres temperaturas: refrigeración ( $0 \pm 2$ °C), ambiente ( $18 \pm 2$ °C) y extrema ( $36 \pm 2$ °C).

Los tratamientos constituyeron la combinación de los factores: mejores tratamientos, temperatura y tiempo. Se aplicó un diseño en bloques completamente al azar en arreglo factorial  $4 \times 5 \times 3$  con dos réplicas. Para evaluar la calidad de las pulpas tratadas enzimáticamente se realizaron las siguientes determinaciones: Sólidos Solubles (°Brix), Vitamina C (mg ácido ascórbico/100g), control microbiológico al inicio y final del almacenamiento, porcentaje de solubilización, viscosidad cinemática en los sobrenadantes de la solubilización. Se realizó un análisis económico para establecer el punto de equilibrio, para presentaciones de 500 gramos en los diferentes productos.

### **Evaluar económicamente las tecnologías**

Este resultado se llevó a cabo como tesis de pregrado de la Facultad de Ingeniería y Administración de la Producción Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Se

escogió una de las plantas ecuatorianas exportadoras de mango en estado natural con el fin de estudiar la factibilidad de su ampliación, sirviendo como base para la realización del estudio. Para el arranque del proyecto, Guayaquil contaba con cinco plantas de tratamiento hidrotérmico: Bresson, Terelsa, Agriproduc, Durexporta y Natrade; actualmente existe una nueva planta denominada Cormal, todas ellas dedicadas a la exportación de fruta sin valor agregado.

El objetivo de esta actividad fue buscar la rentabilidad de una planta exportadora de frutas en estado natural con base en la elaboración de materias primas de primera transformación; utilizando las tecnologías desarrolladas y adaptadas en este proyecto, lo cual permitiría a mediano plazo optimizar el aprovechamiento de materia prima, disminuir las pérdidas poscosecha, mejorar la calidad, otorgar mayor valor agregado al producto primario bajo los requerimientos HACCP.

Para desarrollar la investigación se realizaron los siguientes estudios:

- ❖ Estudio de mercado: para analizar si los productos a elaborar son atractivos en el mercado internacional y de esta manera determinar la demanda para el proyecto.
- ❖ Estudio técnico: en el cual se definirán los procesos, sistemas de manejo y almacenamiento de materiales y el diseño de la planta de procesamiento.
- ❖ Estudio organizacional: para definir una estructura adecuada a la nueva planta.
- ❖ Estudio legal: para establecer los lineamientos que debe cumplir la empresa en la parte laboral y tributaria.
- ❖ Estudio financiero: para determinar si el proyecto es viable y puede ser implementado.

#### **Tecnología para la obtención de jugos clarificados enzimáticamente**

Se utilizó a centrifugación y la microfiltración como tecnologías para la obtención de los jugos clarificados, habiéndose utilizado los mejores resultados que se obtuvieron para el resultado de la obtención de pulpas tratadas enzimáticamente.

Se realizó una enzimación previa de los jugos pulposos a 45°C y con una concentración de la preparación enzimática comercial de 500 ppm por un tiempo de 90 minutos con el cóctel enzimático Rapidasse Pomaliq 2F para las pulpas de chirimoya y mango y con el cóctel Rapidasse Carrot para la pulpa de guayaba, la centrifugación se llevo a cabo durante 15 minutos a 3.000 rpm.

Para la enzimación se utilizó un reactor independiente a la unidad de microfiltración, la filtración se realizó en una unidad piloto de Microfiltración Tangencial, marca TIA, que contiene en su interior una membrana cerámica 200 nm de diámetro de poro y con una superficie de membrana de 0.2 m<sup>2</sup> (Tipo P 1940 PL, marca SCT, Membralox), durante el proceso de filtración se determinó el flujo y el rendimiento del permeado obtenido. Además, se estableció el pH, color, °Brix, vitamina C y la viscosidad cinemática del permeado (jugo clarificado), adicionalmente se tomaron muestras del retenido habiéndose controlado el porcentaje de sólidos insolubles, pH, °Brix.

Los ensayos en el equipo piloto de Microfiltración Tangencial se realizaron en modo concentración a una presión de 1.8 bares y una temperatura de 40°C extrayendo constantemente el permeado y se estableció el flujo del mismo en función del tiempo, determinando el volumen de filtrado obtenido durante 15 segundos, cada cierto intervalo de tiempo durante todo el proceso. Se estableció el factor de reducción volumétrico (FRV) durante el proceso que se define por la siguiente ecuación:

$$FRV = V_f / (V_f - V_p)$$

Donde:

$V_j$  = Volumen total de jugo alimentado

$V_p$  = Volumen total del permeado recolectado

### **Obtención de otros elaborados**

Se utilizó la fruta, el jugo clarificado y el retenido obtenido en el proceso de microfiltración para realizar ensayos para la obtención de diferentes productos, como son: rodajas de mango en su propio jugo clarificado (100 % fruta), licor a partir de los jugos clarificados de las cuatro frutas, concentrados clarificados de 60 °Brix, compotas a partir de los retenidos. El retenido obtenido en el proceso de microfiltración, viene a ser un concentrado de carotenoides para el caso del mango.

### **Actividades de difusión.**

En el Manual de Proyectos de Investigación y Alianzas Estratégicas de la UEFC-PROMSA, página 49, este proyecto es considerado como ejemplo autentico de como conformar un grupo de referencia.

El 5 de mayo del 2001, salió editada en la Sección Agromar del Diario El Comercio una nota de prensa sobre el inicio del proyecto.

El 30 de agosto del 2002 se realizó una entrevista al Investigador Principal del proyecto en Radio Sucesos, sobre el valor nutritivo, la postcosecha y procesamiento de las frutas, aprovechándose esta oportunidad para difundir los resultados de las investigaciones..

Del 27 al 29 de noviembre del 2002, en la ciudad de Ambato se realizó el VII Congreso Nacional de Ciencias, habiéndose participado en calidad de expositoras las Ing. Beatriz Brito y Marisol Rodríguez, con los siguientes trabajos:

- ❖ Caracterización Físico Química y constituyentes de la pared celular de la guayaba (*Psidium guajava* L.) ecotipo rosado.
- ❖ Caracterización Físico Química y constituyentes de la pared celular de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill) ecotipo lisa mejorada.
- ❖ Caracterización Físico Química de la pulpa y pared celular del mango (*Mangifera Indica*) variedades Tommy Atkins y Kent.

El 15 y 17 de septiembre del 2003, en las ciudades de Quito y Guayaquil se llevó a cabo el Seminario "Tecnologías agroindustriales para el procesamiento de frutas", donde participaron investigadores, industriales y productores de fruta. El programa contó como expositores al Dr. Fabrice Vaillant, Ing. Beatriz Brito y la Ing. Berenice Pontón, habiéndose realizado una presentación del proyecto, una disertación sobre las tendencias tecnológicas actuales para el procesamiento agroindustrial de las frutas, se expuso los resultados del proyecto, así como la rentabilidad de una planta procesadora de frutas.

### **Participación en eventos de capacitación y visitas técnicas, de los miembros del equipo de investigación del proyecto**

- ❖ Beatriz Brito. Pasantía técnica en el Laboratorio de Biocatálisis del Convenio Universidad del Valle/CIRAD-FLHOR. 14 mayo -8 junio 2001. Cali, Colombia.
- ❖ Marisol Rodríguez. "Taller teórico-práctico: determinación de azúcares por cromatografía líquida de alta resolución HPLC". 17-18 mayo 2001. INIAP-EESC.
- ❖ Beatriz Brito, Marisol Rodríguez. "I Congreso Iberoamericano y IX Jornadas Ecuatorianas de Ciencia y Tecnología de Alimentos". 11 – 13 julio 2001. Quito.
- ❖ Beatriz Brito, Patricio Perez. "Taller Nuevos aportes para el manejo de proyectos y alianzas". UEFC-NRI. 29-30 noviembre 2001. Riobamba, Ecuador.

- ❖ Marisol Rodríguez. "I Jornada Científica Internacional de la Empresa Purifluidos". 30 noviembre – 1 diciembre 2001. Quito, Ecuador.
- ❖ Patricio Pérez. "Curso Estadística Aplicada". INIAP-CIM-GTZ. EESC Julio 2001–Febrero 2002. INIAP-EESC, Ecuador.
- ❖ Patricio Pérez. "Curso Agricultura, Certificación y Mercados Orgánicos de Exportación". EESC 16 mayo 2002. INIAP-EESC, Ecuador.
- ❖ Beatriz Brito, Alfonso Valarezo, "Taller Nuevos aportes para el manejo de proyectos y alianzas". 29-30 mayo 2002. UEFC-NRI. Guayaquil, Ecuador.
- ❖ Marisol Rodríguez, María Isabel Jaramillo, Iván Samaniego. "Curso Manejo del programa estadístico MSTAT". 30 abril – 3 mayo 2002. INIAP- EESC, Ecuador.
- ❖ María Isabel Jaramillo. "Curso de Capacitación en Buenas Prácticas de Laboratorio, GLP, Módulo 2: Validación de Métodos Analíticos y Taller Práctico. Purifluidos Cia. Ltda. 30 de septiembre 2002. Quito, Ecuador.
- ❖ Beatriz Brito. "Curso Internacional Producción, Postcosecha y Comercialización de Frutas". MASHAV-CINADCO. 9 octubre – 6 noviembre 2002. Shefayim, Israel.
- ❖ María Isabel Jaramillo."Curso de Diseño Experimental". Proyecto INIAP-PROMSA AQ-CV-012. Septiembre – Noviembre 2002. INIAP-EESC, Ecuador.
- ❖ Berenice Pontón, Patricio Pérez. "Segundo Simposio Internacional de Ingenierías en Ciencias de la Producción". ESPOL. 6–8 noviembre 2002. Guayaquil, Ecuador.
- ❖ Beatriz Brito. "Conferencia Oportunidades para la exportación de frutas y hortalizas al mercado europeo". 14 Noviembre 2002. Quito, Ecuador.
- ❖ Beatriz Brito, Marisol Rodríguez, Iván Samaniego. "VII Congreso Nacional de Ciencias". COMCIEC – SENACYT – FUNDACYT. 27–29 noviembre 2002. Ambato.
- ❖ Beatriz Brito. Curso Regional de postgrado teórico-práctico "Solid Phase Biotechnology of proteins: basic principles and applications". EPN-CIRAD-IPICS-PROMSA. 17-21 febrero 2003. Quito, Ecuador.
- ❖ Susana Espín. Seminario "Desarrollo y Validación de Métodos Cromatográficos y HPLC". American Chemical Society. Cartagena, Colombia 20–21 febrero 2003.
- ❖ Beatriz Brito, Iván Samaniego. "I Curso Internacional: Industrialización de productos agrícolas y su comercialización". 12-13 mayo 2003. Quito, Ecuador.
- ❖ Beatriz Brito. Pasantía técnica en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos, bajo el Convenio CITA-UCR/CIRAD- FLHOR. 19 mayo -13 junio 2003. San José, Costa Rica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Caracterización físico-química de las frutas en estudio. Extracción y caracterización química de la pared celular y pectina soluble en agua.**

Para el desarrollo de las investigaciones, primero se realizó muestreos sobre lotes de frutas, que fueron homogenizados para la caracterización de la materia prima (chirimoya, guayaba y mango) que se utiliza en el desarrollo de la investigación, a través del análisis físico que comprende las siguientes determinaciones: peso, largo, diámetro, relación largo/diámetro, firmeza. Los resultados de la caracterización física y un resumen del fraccionamiento cuantitativo para cada una de las cuatro frutas se presentaron en el informe del año 2002.

Dentro de la caracterización química se realizaron los siguientes análisis: humedad, materia seca, cenizas, vitamina C, acidez titulable, pH, taninos, sólidos solubles, azúcares totales y reductores, los resultados se reportan en el cuadro 1. Estos contenidos son muy importantes dentro del estudio que se realizó, tomando en cuenta que las enzimas actúan sobre la materia seca que es donde esta involucrada la pared celular, trabajando al pH de cada una de las frutas y como producto de la degradación enzimática se obtienen azúcares.

Generalmente la composición polimérica de la pared celular no es estándar para todas las frutas, casi todos los modelos sugieren microfibrillas celulósicas incrustadas en una matriz

polisacárida no celulítica y proteína. Un buen conocimiento de la composición en las frutas permite establecer cuales de los polisacáridos ocasionan los problemas tecnológicos y describir la relación entre ellos. Esto con lleva a establecer una estrategia de ataque enzimático sobre los enlaces de los diferentes polisacáridos presentes.

**CUADRO 1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* mill), ECOTIPO LISA MEJORADA; GUAYABA (*Psidium guajava* l), ECOTIPO PULPA ROSADA Y MANGO (*Mangifera indica*) DE LAS VARIETADES TOMMY ATKINS Y KENT**

FRUTA ANÁLISIS	Chirimoya ecotipo L. Mejorada (pulpa)	Guayaba ecotipo P. Rosada (entera)	Guayaba ecotipo P. Rosada (pulpa)	Mango variedad T. Atkins (pulpa)	Mango variedad Kent (pulpa)	Mango variedad T. Atkins (cáscara)	Mango variedad Kent (cáscara)
Mat. Seca (%)*	22.49 ± 1.04	23.16 ± 0.35	19.67 ± 0.30	17.43 ± 0.17	21.20 ± 0.18	20.38 ± 0.5	24.51 ± 0.20
Cenizas (%)*	0.87 ± 0.06	0.70 ± 0.03	0.86 ± 0.03	0.35 ± 0.01	0.39 ± 0.01	0.72 ± 0.03	0.86 ± 0.02
pH*	4.64 ± 0.01	3.95 ± 0.01	3.87 ± 0.00	3.49 ± 0.1	4.72 ± 0.01	4.63 ± 0.00	4.33 ± 0.00
Ac. T (% ác. cítrico)*	0.33 ± 0.01	0.76 ± 0.00	0.76 ± 0.00	0.43 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.46 ± 0.01	0.75 ± 0.01
Vitam. C (mg/100g)*	61.48 ± 2.29	177.77 ± 13.2	177.8 ± 13.2	23.09 ± 1.16	49.71 ± 0.80	48.67 ± 0.63	63.01 ± 1.75
Taninos (mg/100g)*	4.41 ± 0.46	3.87 ± 0.16	5.41 ± 0.04	0.48 ± 0.02	0.40 ± 0.01	3.60 ± 0.03	4.32 ± 0.02
S. Solubles (°Brix)*	21.06 ± 1.95	10.07 ± 1.04	10.10 ± 1.04	14.01 ± 1.30	18.12 ± 1.90	8.00 ± 0.90	6.00 ± 0.60
Azúc. Total (%)*	18.38 ± 1.41	4.37 ± 0.07	4.85 ± 0.12	14.07 ± 1.81	18.69 ± 0.88	10.93 ± 0.17	15.11 ± 0.82
Azúc. Red. (%)*	16.89 ± 0.52	3.86 ± 0.03	3.88 ± 0.17	3.07 ± 0.23	4.87 ± 0.05	4.58 ± 0.13	4.92 ± 0.08

\* en base fresca ± desviación estándar de 3 repeticiones

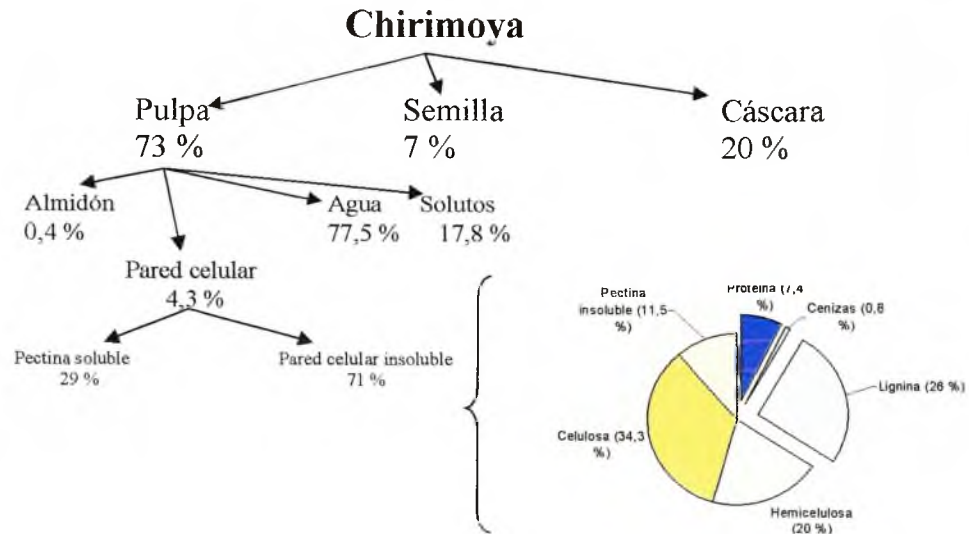
En la figura 1, se presenta los resultados de los principales constituyentes de la pulpa de chirimoya, así como la caracterización de la pared celular, la cual se presenta con un alto contenido, donde destaca la lignina con un mayor valor.

En las figura 2 y 3, se presentan los resultados de los principales constituyentes de la guayaba sin y con piel, así como la caracterización de la pared celular. El ecotipo de pulpa rosada presenta un alto contenido de semillas, así como alto contenido de paredes celulares y lignina. Al analizar la guayaba con cáscara, se comprobó que presenta el mismo contenido el exocarpio y el endocarpio.

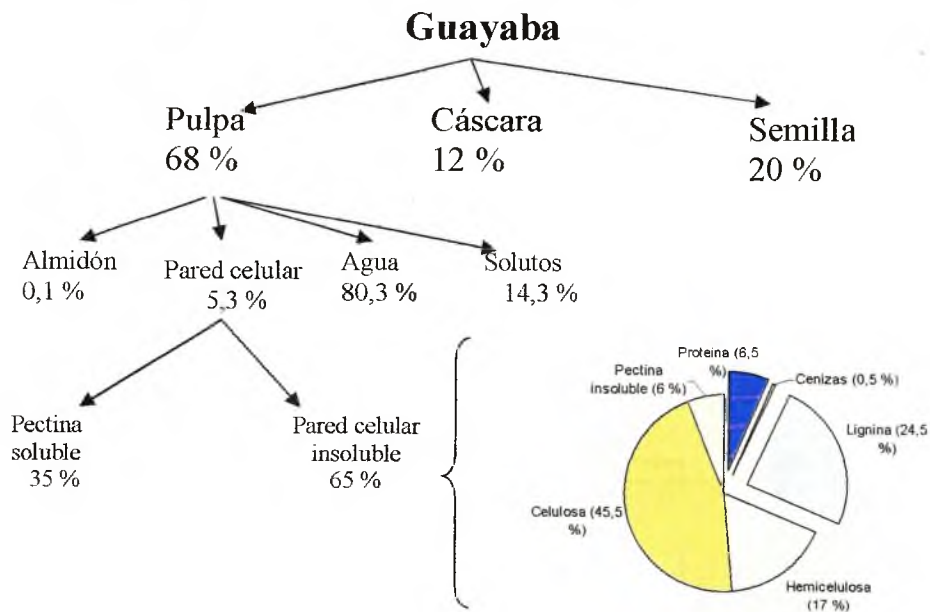
En la figura 4 y 5, se presentan los resultados de los principales constituyentes de la pulpa del mango variedades Tommy Atkins y Kent, así como la caracterización de la pared celular, respectivamente. Se puede observar que la variedad Tommy Atkins presenta más contenido de pared celular y lignina que la variedad Kent, lo cual le da una mayor firmeza. En su lugar Kent presenta un mayor potencial para hacer jugos fluidos.

En la figura 6 y 7, se presentan los resultados de los principales constituyentes de la cáscara del mango variedades Tommy Atkins y Kent, así como la caracterización de la pared celular, respectivamente. Las cáscaras de las dos variedades de mango presentan alto contenido de

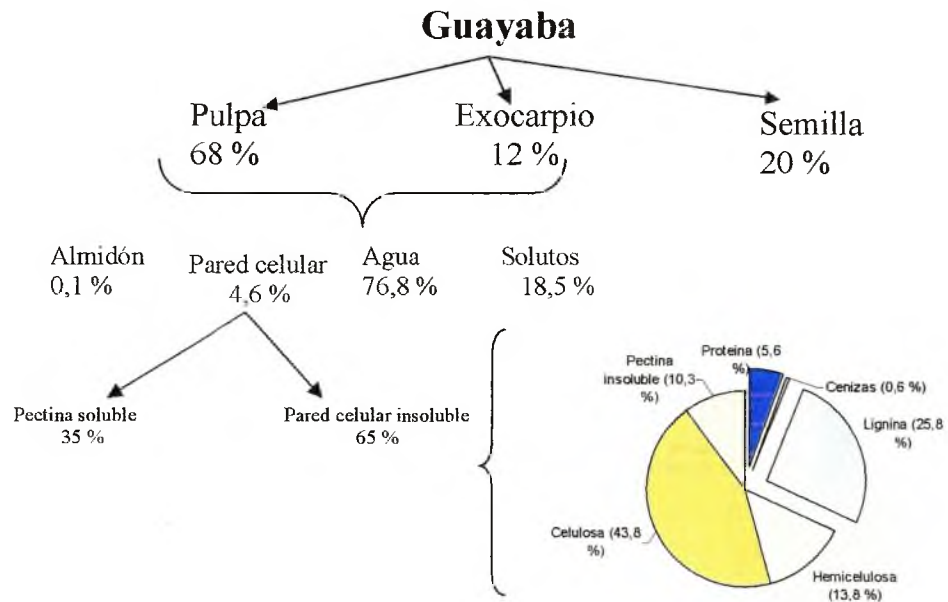
pared celular y pectina, así tenemos que Tommy Atkins tiene 6% de pectina en base fresca (25% base seca) y Kent un 2% de pectina en base fresca (9% base seca).



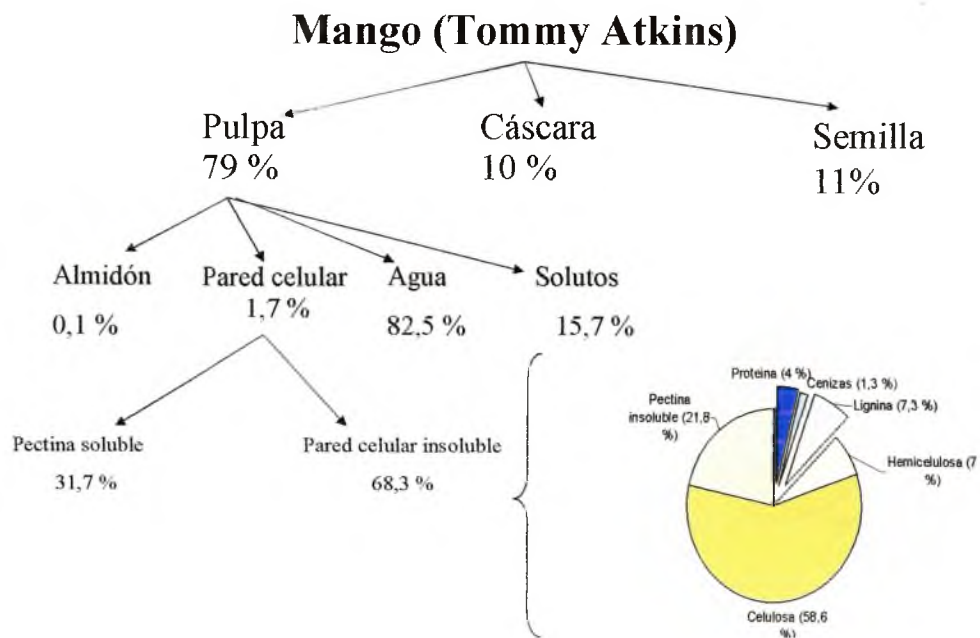
**Figura 1. Composición física-química de la chirimoya ecotipo Lisa Mejorada**



**Figura 2. Composición física-química de la pulpa de guayaba ecotipo Pulpa Rosada**



**Figura 3. Composición física-química de la pulpa con piel de la guayaba ecotipo Pulpa Rosada**



**Figura 4. Composición física-química de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins**

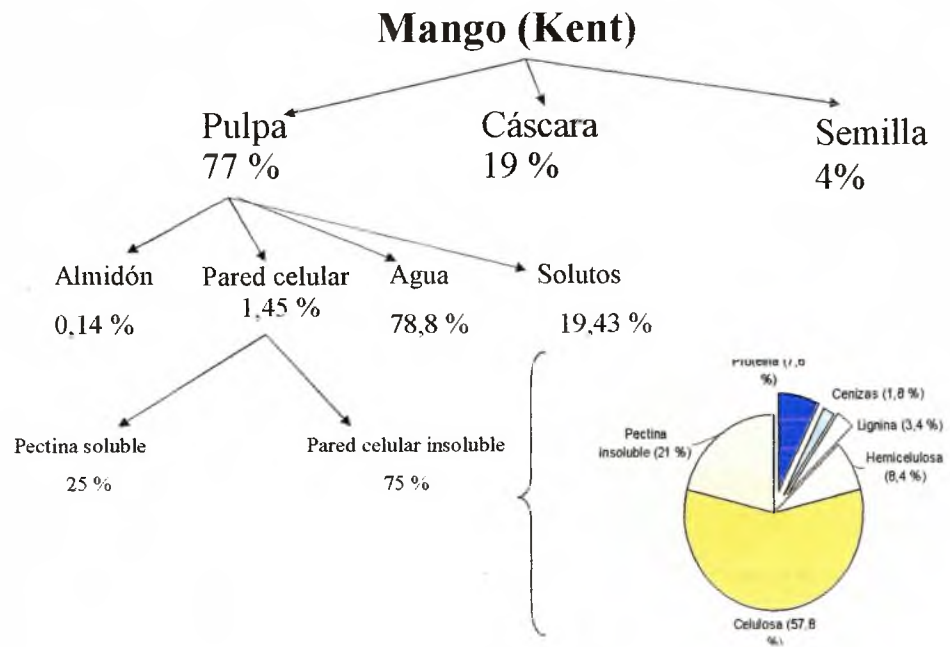


Figura 5. Composición física-química de la pulpa de mango variedad Kent

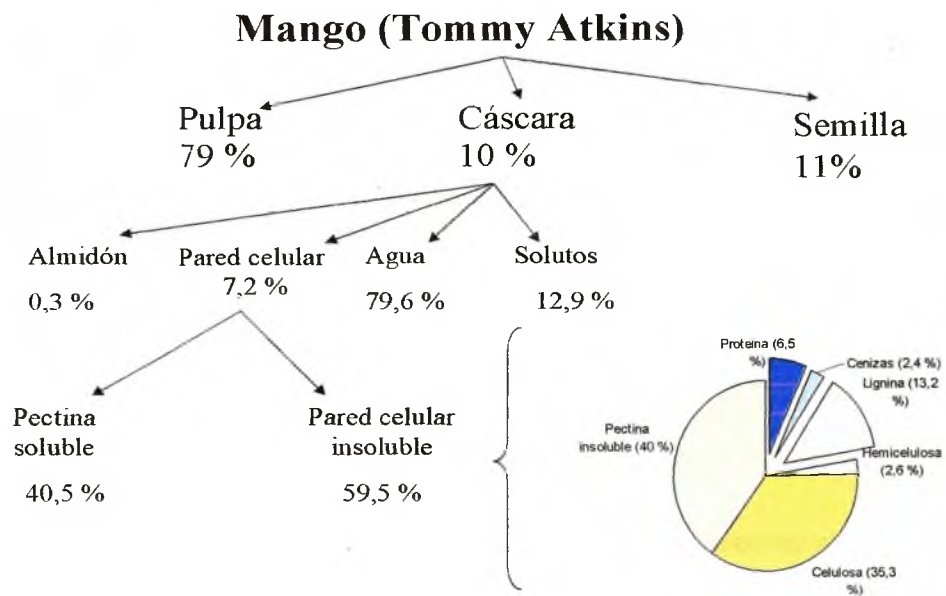
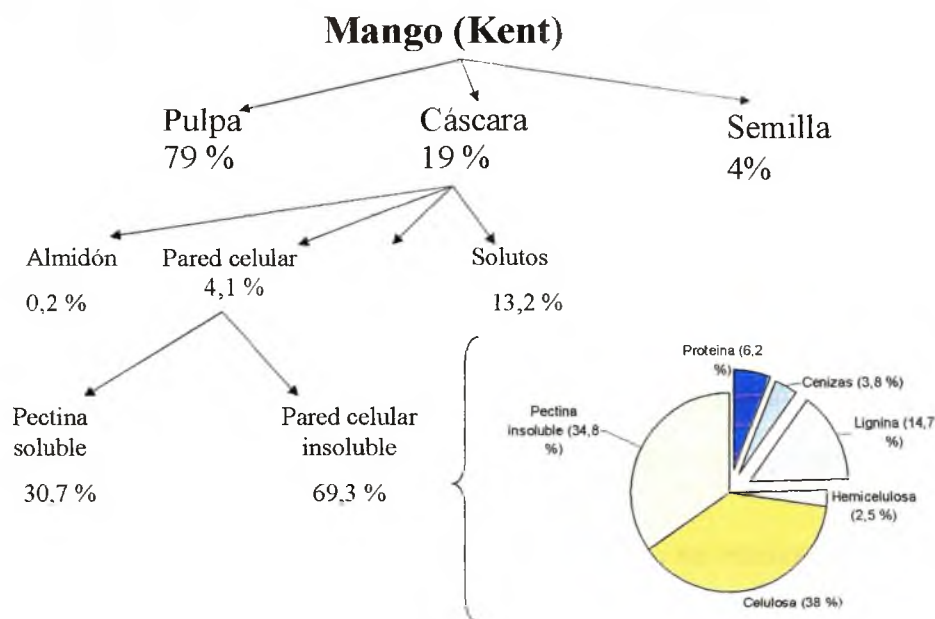


Figura 6. Composición física-química de la cáscara de mango variedad Tommy Atkins





**Figura 7. Composición físico química de la cáscara de mango, variedad Kent.**

Los rendimientos obtenidos en la extracción de la pared celular bruta (MIA), pared celular purificada (MIAA) y la pectina soluble en agua (PSA) a partir de la pulpa de cada una de las frutas en estudio se presentaron en el informe del 2003. Para el análisis de la pectina soluble en agua se determinó la concentración de metanol, ácido galacturónico, valores con los cuales se calculó el Grado de Esterificación de las pectinas. Los resultados del análisis de la pectina soluble en agua de las frutas en estudio se presentan en el cuadro 2.

**CUADRO 2. ANÁLISIS DEL GRADO DE ESTERIFICACIÓN DE LA PECTINA SOLUBLE EN AGUA (PSA) DE CHIRIMOYA, ECOTIPO LISA MEJORADA, GUAYABA, ECOTIPO ROSADA Y MANGO, VARIEDAD TOMMY ATKINS Y KENT.**

PSA	AGU ( $\mu\text{mol} / \text{mg Pect.}$ )	METANOL ( $\mu\text{mol} / \text{mg Pect.}$ )	° EST. %
Chirimoya(Lisa Mejorada)*	1,73	2,05	84,41
Guayaba (Rosada)**	1,55	2,18	71,04
Mango (Tommy Atkins)*	2,38	3,06	77,84
Mango (Kent)*	1,68	2,73	61,41

\* pulpa

\*\* entera

Las cuatro frutas en estudio presentan un grado de esterificación superior al 50%, por lo cual se las clasifica como pectinas altamente metiladas de acuerdo a la categorización presentada en la revisión bibliográfica. El conocimiento del grado de esterificación permite utilizarlas en los diferentes procesos de la industria, de acuerdo a sus propiedades físico-químicas.

Para completar la caracterización química de la pared celular se estandarizó un método de análisis de los monosacáridos utilizando cromatografía en fase gaseosa, a través de la optimización de las condiciones analíticas e instrumentales. Este método cromatográfico es apropiado y óptimo para la determinación de monosacáridos en muestras de paredes

celulares purificadas de fruta, por la eficiencia de la separación y la resolución de los picos de los componentes encontrados en las muestras. Se reporta los siguientes parámetros: límites de detección entre 3 y 9 mg/l, límites de cuantificación entre 9 y 30 mg/l, coeficientes de variación como indicativos de precisión con valores menores al 2%, rangos lineales entre 0 y 5000 mg/l y porcentajes de recuperación entre 98 y 112%.

La fracción de monosacáridos constituye aproximadamente el 50% de la pared celular del mango Kent, 45% del mango Tommy Atkins, 48% de la chirimoya y 44% de la guayaba. Un análisis comparativo de los monosacáridos presentes en la pared celular (MIAA) y los sobrenadantes de la enzimación de la pared celular (SEM) se presenta en la tesis de grado presentado como producto del proyecto.

### **Tecnología para la obtención de cremogenados de chirimoya, guayaba y mango.**

El procesamiento para la elaboración de los cremogenados de las frutas en estudio se detalla a continuación:

- ❖ **Selección, lavado y pesado.**- Las frutas en el grado de madurez comestible fueron seleccionadas, lavadas y pesadas.
- ❖ **Despulpado.**- La fruta se pela manualmente con un cuchillo de acero inoxidable. En el caso del mango se procede a separar pulpa, cáscara y semillas. Para la guayaba se separan las semillas de la pulpa. En la chirimoya se separa la cáscara obteniendo la pulpa incluida el endocarpio y el tallo vegetativo.
- ❖ **Variable de Proceso:** Las variables de proceso para esta etapa son: el *tiempo* con una duración de una hora para despulpar 50 Kg de fruta y el *rendimiento* que está en un rango de 75 - 85 % para los cuatro cremogenados.
- ❖ **Desintegración.**- Dependiendo de la fruta con la que se este elaborando el cremogenado, se procede a desintegrar la parte correspondiente.
- ❖ **Variable de Proceso:** En esta etapa la variable de proceso es el *tiempo* con una duración de 10 minutos para el proceso de elaboración de los cremogenados de guayaba y mango.
- ❖ **Escaldado y enfriamiento.**- Esta operación se realiza únicamente en la chirimoya con el objeto de inactivar las enzimas causantes del pardeamiento enzimático (polifenoloxidasas), utilizando vapor fluente, luego se enfría a temperatura ambiente.
- ❖ **Variable de Proceso:** Para esta etapa la variable de proceso es el *tiempo* con una duración de 10 minutos.
- ❖ **Homogenización sin enzimación.**- En el mango a la pulpa previamente pesada se incorpora un porcentaje de cáscara. En guayaba se pesa la pulpa con toda la cáscara, para posteriormente homogenizar. Y en chirimoya se homogeniza la pulpa incluyendo el endocarpio y el tallo vegetativo.
- ❖ La determinación del porcentaje de cáscara que se puede incorporar al cremogenado de mango y guayaba se lo obtuvo de las pruebas sensoriales realizadas a catadores no entrenados, habiéndose medido los atributos de color, apariencia, olor y sabor
- ❖ **Homogenización con enzimación.**- Puede utilizarse preparaciones enzimáticas comerciales, como auxiliar tecnológico en el proceso de desintegración y solubilización de las cáscaras o pieles de la fruta.
- ❖ Con base a los resultados obtenidos de la caracterización química de la pared celular de la fruta se selecciona el mejor cóctel enzimático comercial de acuerdo al efecto tecnológico que se desea obtener.
- ❖ **Variable de Proceso:** Para esta etapa es el *tiempo* con una duración de 10 minutos para los cuatro cremogenados.
- ❖ **Pasteurización.**- El producto se somete a un tratamiento térmico, posteriormente se enfría hasta alcanzar la temperatura ambiente.

- ❖ Variables de Proceso. En esta etapa las variables son: el *tiempo* con una duración de 30 minutos y la *temperatura* que es 75 °C para todos los cremogenados.
- ❖ **Envasado.**- Se utiliza fundas asépticas para alimentos, de polietileno con cierre hermético, asegurándonos un doble sellado utilizando un equipo destinado para este uso.
- ❖ Variable de Proceso. En esta etapa la variable es el *tiempo* que se necesita para sellar una funda (aproximadamente 3 segundos).
- ❖ **Almacenamiento.**- Las muestras se almacenaron durante 30 días a tres temperaturas. En una cámara de frío para la temperatura de refrigeración, en un cuarto para la temperatura ambiente promedio y una estufa para la temperatura extrema.
- ❖ Variables de Proceso: Para esta etapa las variables son: el *tiempo* (0, 7, 14, 21 y 30 días) y la *temperatura* ( $0 \pm 2$  °C,  $18 \pm 2$  °C,  $36 \pm 2$  °C) para todos los cremogenados.

En la caracterización química de las paredes celulares de las cuatro frutas se obtuvo un alto contenido de celulosa, habiéndose seleccionado la preparación enzimática comercial Rapidasa Carrot para degradar este polisacárido. Las enzimas se realizaron en cremogenados de chirimoya, guayaba y mango de las variedades Tommy Atkins y Kent, utilizando 10 Unidades Internacionales (UI) de esta preparación enzimática, que tiene alta actividad celulítica (Cx) y baja actividad Pectin Liase (PL).

Usando Rapidasa Carrot se obtuvo el máximo efecto de solubilización para mango Kent a los 22 minutos (57 % de solubilización), para mango Tommy Atkins el tiempo máximo es a los 60 minutos (44 % de solubilización), para chirimoya ecotipo lisa mejorada el tiempo máximo se alcanza a los 60 minutos (30% de solubilización) y para guayaba ecotipo pulpa rosada el tiempo máximo es 60 minutos (5% de solubilización).

Para determinar el efecto de las enzimas sobre los polisacáridos insolubles del material parietal de cada una de las frutas, se midió el porcentaje de liquefacción a cuatro intervalos de tiempo, durante una hora de incubación a 30 °C. Con el fin de obtener el porcentaje de solubilización en cada uno de los cremogenados y así relacionar el efecto de las enzimas sobre la calidad de este producto.

Mediante los rendimientos obtenidos de MIA a pulpa se determinaron las unidades internacionales (UI) de cada cremogenado, las cuales nos permiten calcular el volumen final de cóctel enzimático a añadir que se obtiene de la siguiente fórmula:

$$(CP * Cx * V)_{\text{cóctel}} = (UI)_{\text{cremogenado}}$$

Donde: CP = concentración de proteína en el cóctel enzimático (mg/ml)  
 Cx = Actividad Cx (UI/mg)  
 V = volumen de cóctel a añadir (ml)  
 UI = unidades internacionales de cremogenado

Tomando en cuenta que el propósito de la enzimación es hidrolizar hasta un 20 % de la pared celular, de acuerdo al efecto tecnológico que se desea obtener en los cremogenados de fruta, cual es la obtención de un producto lo más entero posible, se han determinado los tiempos óptimos de degradación. Para chirimoya el tiempo de enzimación aproximado es 10 minutos, para mango Tommy Atkins el tiempo aproximado es de 8 minutos y para mango Kent el tiempo aproximado es 5 minutos. En el caso de guayaba solo se alcanza a solubilizar el 5% de cremogenado por lo que no se consigue el efecto deseado con este cóctel enzimático y la elaboración del mismo se realiza sin enzimación, parámetros que se han considerado al realizar el análisis económico para cada fruta.

La temperatura más adecuada para almacenarlos es  $0 \pm 2$  °C; ya que la acidez, pH y °Brix no varían considerablemente y la degradación de la vitamina C es menor; los valores de los

coeficientes de la ecuación de Arrhenius y de la energía de activación para la cinética de la vitamina C en los productos permitieron establecer el intervalo de degradación del ácido ascórbico total es de 15 a 35 KJ/g.mol.

En la evaluación sensorial se potenció el atributo sabor dentro de las cuatro características evaluadas para el cremogenado, obteniéndose los mejores resultados de aceptabilidad cuando se adicionó 5% de cáscara para el mango variedad Tommy Atkins y 9% para el mango variedad Kent. Así tenemos que para chirimoya el rendimiento calculado del cremogenado sube ligeramente con la adición del tallo vegetativo a la pulpa. Para guayaba se obtuvo un rendimiento calculado de 80.52%. Para el mango variedades Tommy Atkins y Kent, el rendimiento en cremogenado es la suma de los porcentajes de pulpa con 5.08 % y 9.38 % de cáscara, que corresponde a 83.87% y 86.39%, respectivamente.

Los resultados obtenidos por el panel de catadores no entrenados, al evaluar las muestras de guayaba con su piel (cremogenado) no mostraron diferencia significativa pudiendo incorporarse toda la cáscara de esta fruta, la cual representa un 9 – 14 % en el peso total de la misma.

Para las variedades de mango los tratamientos constituyeron el Tratamiento 1 (concentración 25%), se añade de cada fruta la cuarta parte de su cáscara y toda la pulpa. Para el Tratamiento 2 (concentración 50%), se añade de cada fruta la mitad de cáscara y toda la pulpa. Para el Tratamiento 3 (concentración 75%), se añade de cada fruta las tres cuartas partes de cáscara y toda la pulpa. Y para el Tratamiento 4 (concentración 100%), se añade de cada fruta toda la cáscara y toda la pulpa. El tratamiento testigo (Tratamiento 5) correspondió únicamente la pulpa de esta fruta. Se evaluaron los atributos de: color, apariencia, olor y sabor, utilizándose una escala de uno a cuatro con un panel cuatro catadores no entrenados. El análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) sobre todos los atributos sensoriales que se evaluaron, mostraron que los tratamientos son significativos

El análisis económico realizado para una presentación de 500 gramos de cremogenado, fue el siguiente: el cremogenado de guayaba tiene un costo de producción menor (0.35 USD), seguido de mango Kent (1.17 USD), luego mango Tommy Atkins (1.43 USD) y siendo mayor para la chirimoya (1.67 USD). Se logró obtener cremogenados de las cuatro frutas, de buena calidad, pues el proceso desarrollado constituye una alternativa tecnológica y comercial que permitirá alcanzar un potencial agroindustrial.

Toda la información estadística, análisis económico, así como los diagramas de flujo para la elaboración de los cremogenados se presentan en la tesis de grado.

### **Tecnología para la obtención de pulpas tratadas enzimáticamente de chirimoya, guayaba y mango.**

En los cócteles enzimáticos se procedió a realizar una caracterización preliminar, para lo cual se estudia la concentración de azúcares totales, ácido galacturónico, proteína y las principales actividades enzimáticas, como la actividad 1-4  $\beta$ -endoglucanasa (Cx) y pectinasi (PL). El análisis de la cinética de hidrólisis se realizó utilizando el cóctel Rapidasse Carrot Cloud sobre las paredes celulares purificadas de chirimoya ecotipo lisa mejorada, guayaba ecotipo rosada y mango de las variedades Tommy Atkins y Kent, para lo cual se elaboro curvas de concentración del cóctel enzimático versus porcentaje de solubilización de la pared celular, a una temperatura de incubación de 30°C y un tiempo de 60 minutos.

Las enzimaciones se realizaron utilizando una concentración inicial de 25 UI de Cx, posteriormente se procedió a duplicar y triplicar esta concentración hasta que el porcentaje de AGU y AZT producidos sea constante, utilizando las actividades enzimáticas

determinadas en la caracterización de los cócteles se calcula el volumen de cóctel a añadir mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{UI}{CP * Cx} * 1000$$

En donde:

V = Volumen de cóctel a añadir ( $\mu$ l)

UI = Unidades internacionales de Cx de referencia

CP = Concentración de proteína en el cóctel enzimático (mg/ml)

Cx = Actividad Cx del cóctel enzimático en UI Cx / mg de proteína

Se tiene un estudio completo sobre el efecto de la cinética de hidrólisis en función de la actividad Cx y PL sobre las paredes celulares de las cuatro frutas, los cuales se presentan en la tesis de grado respectiva.

Se tomo como base este estudio preliminar y se procedió a realizar el tratamiento enzimático sobre las paredes celulares purificadas se realizó aplicando la matriz superficial de experiencia, para lo cual se incubó las diferentes paredes celulares purificadas con los cócteles enzimáticos diluidos en buffer al pH de las frutas, posteriormente se procede a inactivar las enzimas mediante un proceso de pasteurización. Las condiciones óptimas a las cuales se producen el mayor porcentaje de solubilización son a una temperatura de 45°C y una concentración del cóctel de 500 ppm.

Los resultados obtenidos para la acción de los tres cócteles enzimáticos sobre las paredes celulares de las cuatro frutas se presentan en el Cuadro 3.

**CUADRO 3. EFECTO DE TRES CÓCTELES ENZIMÁTICOS COMERCIALES SOBRE EL PORCENTAJE DE SOLUBILIZACIÓN DE LA PARED CELULAR PURIFICADA CHIRIMOYA, GUAYABA Y MANGO.**

Pared Celular Purificada (MIAA)	Cócteles enzimáticos comerciales		
	Rapidasse Pomaliq	Rapidasse Carrot	Tropical Cloud
Chirimoya pulpa ecotipo lisa mejorada	26%	23%	16%
Guayaba entera ecotipo rosada	11%	13%	8%
Mango pulpa var. Tommy Atkins	61%	56%	28%
Mango pulpa var. Kent	62%	48%	31%

Durante el tratamiento enzimático sobre la pulpa de las frutas se determinó el porcentaje de solubilización y la viscosidad, los resultados de la viscosidad se presentan en el Cuadro 4

**CUADRO 4. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO SOBRE LA VISCOSIDAD DE LOS SOBRENADANTES DE LAS PULPAS DE LAS CUATRO FRUTAS EN ESTUDIO.**

MUESTRA PULPA	CÓCTEL ENZIMÁTICO	VISCOSIDAD INICIAL (t <sub>0</sub> ) <sup>1</sup> (cst)	VISCOSIDAD FINAL (t <sub>90</sub> ) <sup>2</sup> (cst)	REDUCCIÓN VISCOSIDAD (%)
Chirimoya*	R. Pomaliq	2,22	1,67	24,64
Guayaba**	R. Carrot	1,83	1,55	15,18
M. Tommy Atkins*	R. Pomaliq	1,53	0,99	34,98
M. Kent*	R. Pomaliq	1,40	0,81	41,76

Pulpa

\* pulpa y cáscara

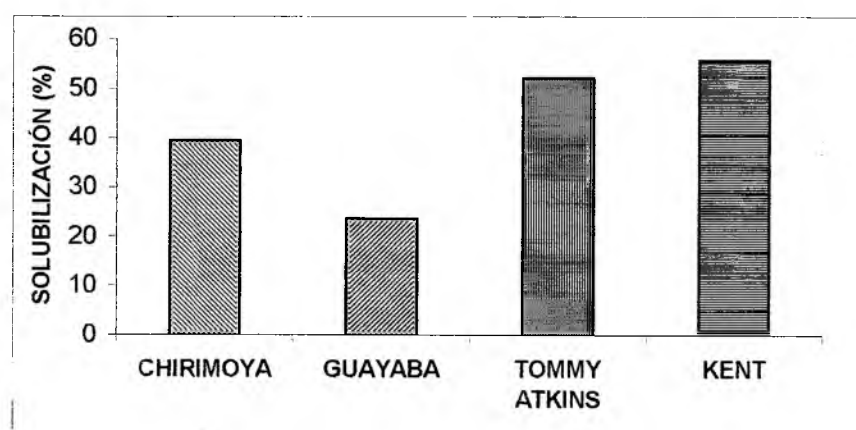
1. Sin tratamiento enzimático

2. Con tratamiento enzimático

Las enzimas se realizaron en las pulpas de chirimoya, guayaba y mango, utilizando los mejores tratamientos obtenidos en la primera fase. Procediéndose a realizar la incubación en la pulpa de chirimoya con la preparación enzimática Rapidasse Pomaliq, en la pulpa de guayaba con Rapidasse Carrot y en la pulpa de mango de las variedades Tommy Atkins y Kent con Rapidasse Pomaliq, a una temperatura de 45°C por 90 minutos y una concentración para cada cóctel de 500 ppm.

Para determinar el efecto de las enzimas sobre la pulpa de las frutas en estudio, se midió el porcentaje de solubilización, centrifugando a 3000 rpm durante 15 minutos, la cantidad no solubilizada se calcula pesando el residuo de la enzimación y relacionando éste valor con el obtenido al tiempo cero (sin enzimación).

En la Figura 9, se puede apreciar el efecto de las diferentes preparaciones enzimáticas comerciales sobre las pulpas de las frutas. Para el mango variedad Kent se encontró el porcentaje de solubilización más alto con un 55%, el mango variedad Tommy Atkins presenta una solubilización del 52%, en la chirimoya ecotipo Lisa Mejorada se observa una solubilización del 39% y la guayaba ecotipo pulpa rosada presenta el porcentaje de solubilización más bajo con un 23%.



**Figura 9. Efecto de las preparaciones enzimáticas comerciales sobre las pulpas de: chirimoya ecotipo Lisa mejorada, guayaba ecotipo Rosada y mango de las variedades Tommy Atkins y Kent.**

Adicionalmente, para establecer el efecto de los cócteles enzimáticos sobre la pulpa de las frutas, se determinó la viscosidad cinemática en los sobrenadantes o jugos obtenidos luego del proceso de centrifugación en las pulpas sin tratamiento enzimático ( $t_0$  minutos) y luego de la enzimación ( $t_{90}$  minutos). Para lo cual se utilizó un viscosímetro de vidrio Cannon-Frenske, los resultados mostraron que la viscosidad del mango variedad Kent se redujo en un 47%, para el mango variedad Tommy Atkins se obtuvo 43%. En la chirimoya ecotipo Lisa Mejorada se observa una reducción de la viscosidad del 31%. La guayaba ecotipo pulpa rosada presenta el porcentaje de reducción de la viscosidad en un 19%, siendo el más bajo de las cuatro frutas en estudio.

La temperatura más adecuada para prolongar la vida de anaquel de las pulpas tratadas enzimáticamente de las frutas en estudio es a  $0\pm 2$  °C; pues el contenido de sólidos solubles tiende a mantenerse durante el almacenamiento, además existe menor degradación de la vitamina C.

En el análisis económico realizado para una presentación de 500 gramos de pulpa tratada enzimáticamente, la guayaba tiene un costo de producción de 0.44 USD, mango Tommy Atkins 0.81 USD, mango Kent 0.82 USD y chirimoya 1.17 USD.

### **Rentabilidad para la industrialización de una planta exportadora de mango en estado natural.**

Se analizó, entre cinco plantas de tratamiento de mango, la que según ciertos criterios de selección -área del terreno, área de construcción, posibilidades de ampliación, capacidad de procesamiento y capacidad instalada-, cumplía con las expectativas del proyecto, siendo escogida la planta Agriproduc, la misma que sirvió de base para la elaboración del estudio. Agriproduc es una de las plantas exportadoras más reconocidas a nivel nacional. Se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, y está considerada como la planta más grande del país, tanto por su infraestructura, equipos y capacidad de producción.

Del total de su producción, el 70% se destina a la exportación, y el restante se descarta del proceso por no cumplir con las especificaciones requeridas para ser exportada como fruta natural. Parte de este rechazo es destinado para consumo local; otro, a la venta a plantas procesadoras de frutas, y el restante se desperdicia porque no es utilizado para otros fines, surtiendo así, la necesidad de aprovechar este descarte para darle valor agregado al producto, el cual serviría como materia prima de primera transformación para las plantas demandantes; es por ello que, para efectos del proyecto, se utilizó el mango producto del descarte de la planta Agriproduc, con el fin de darle valor agregado al mismo.

El mango, al ser una fruta estacionaria, tiene un período de producción de 4 meses, el cual inicia a mediados de octubre con la variedad Tommy Atkins, finalizando a inicios de febrero con la variedad Kent, siendo estas dos variedades muy apetecidas a nivel mundial y además las de mayor producción en nuestro país, las mismas que fueron escogidas para efectos del proyecto, el cual busca su viabilidad, pudiendo ser un fuerte potencial alternar el proceso con otra fruta que pueda suplir las necesidades en la época en que no se dé el rubro mango.

La fruta escogida para ser utilizada en el proceso los meses restantes, según el estudio de mercado realizado, indica que la guayaba también es una fruta muy apetecida en el mercado mundial debido a sus características y fuerte poder vitamínico, siendo los productos a elaborar en el proyecto, de tres clases:

**Pulpa:** Es la extracción de la parte carnosa de la fruta, convirtiéndola en un líquido viscoso, la cual pasa por una serie de procesos antes de ser envasada.

**Pulpa con tratamiento enzimático:** La pulpa viscosa obtenida de la extracción de la fruta, se le adhiere cócteles enzimáticos para mejorar las características del producto terminado, además de obtener un mayor rendimiento del producto final, debido a que las enzimas cumplen con la función de degradar la fibra de la pulpa, obteniéndose azúcares más pequeños y solubles tales como glucosa.

**Cremogenado:** Es la solubilización de una parte de la cáscara de la fruta, la cual es mezclada a la pulpa, con la finalidad de obtener mayores rendimientos del producto elaborado; obteniéndose una materia prima con alto poder vitamínico debido a las propiedades de la cáscara de la fruta.

La cantidad de pulpa de mango a ofrecer es de 576 t y Cantidad de pulpa de guayaba a ofrecer es de 1.728 t. El costo por tonelada de pulpa es de USD 560. Las cualidades del producto terminado y los volúmenes de comercialización facilitarán el mercadeo de los productos estudiados en este proyecto (pulpas y cremogenados de mango y/o guayaba), ya que existe una continua demanda del mercado externo, en base a un producto de calidad.

La tasa interna de retorno que brinda el proyecto es superior a la tasa mínima atractiva de retorno brindada por los bancos. El valor actual neto resulta positivo, lo cual constituye otra herramienta financiera que demuestra la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Su éxito estará vinculado con la experiencia de los inversionistas, quienes deberán de atender todo el proceso productivo y de comercialización.

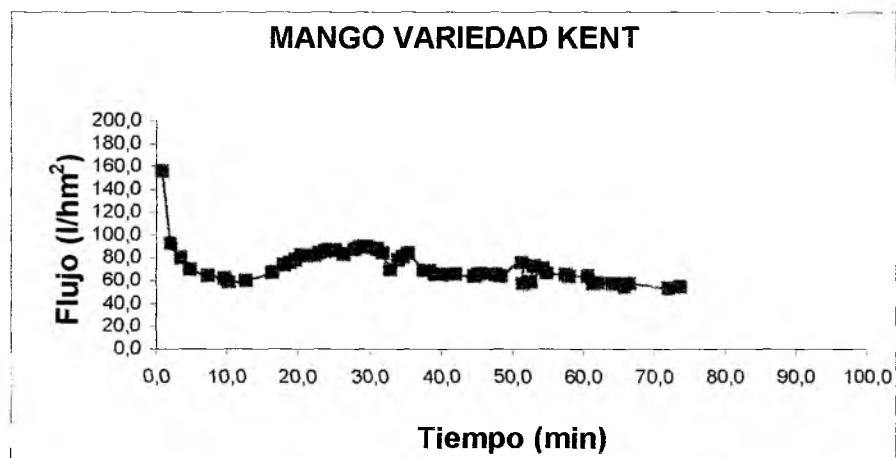
Por las razones expuestas anteriormente, se puede concluir que el proyecto es viable comercial, técnica, legal y financieramente. Con este tipo de proyectos, se puede fortalecer no sólo el área netamente industrial, sino también el área agrícola, ya que al proveernos de frutas tropicales para la elaboración de materias primas de primera transformación, se desarrollan otros sectores de la economía un poco decaídos.

**Tecnologías para la obtención de jugos clarificados enzimáticamente y otros elaborados que se obtengan para las cuatro frutas en estudio.**

Esta investigación se realizó de la misma forma que en los resultados anteriores, para cada una de las frutas en estudio.

**MANGO VARIEDAD KENT:** En la figura 10, se puede establecer que en los 10 primeros minutos del proceso de microfiltración el flujo de permeado disminuye rápidamente, posteriormente existe una tendencia a incrementarse el flujo esto se debe fundamentalmente a que la velocidad de acción de las enzimas es mayor a la velocidad de colmatación de las membrana. A partir de los 35 minutos la disminución del flujo de permeado es menor y toma ya una tendencia a ser constante hasta el final del proceso.

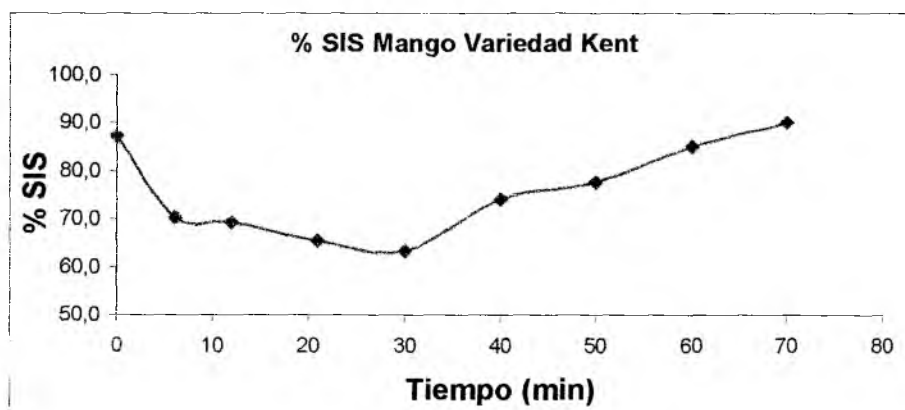




**Figura 10. Variación del flujo del permeado en función del tiempo para el jugo de mango variedad Kent**

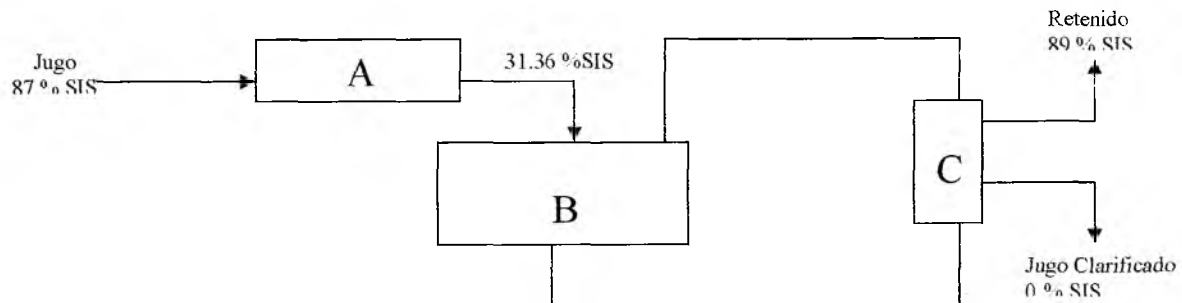
El flujo inicial obtenido para el mango variedad Kent es de 155 l/hm<sup>2</sup>, produciéndose una disminución paulatina del mismo durante el proceso de microfiltración hasta estabilizarse en 50 l/hm<sup>2</sup>, obteniéndose un factor de reducción volumétrico de 3.10 y estableciéndose que el flujo global de el equipo de microfiltración tangencial utilizado es de 113 l/hm<sup>2</sup> obteniéndose un rendimiento en jugo clarificado del 67.74% con respecto al jugo inicial.

En la figura 11, se representa la variación del porcentaje de sólidos insolubles en función del tiempo de microfiltración, en donde podemos observar que al inicio del proceso se produce un descenso de los sólidos insolubles en suspensión debido al proceso de tratamiento enzimático al que se somete la pulpa antes de ingresar al proceso de microfiltración, posteriormente se observa la tendencia a incrementarse el porcentaje de SIS, debido al proceso de concentración al que se somete el jugo.



**Figura 11. Variación del porcentaje de sólidos insolubles en función del tiempo de microfiltración.**

El resumen del proceso para la obtención de los jugos clarificados se presenta a continuación.



En donde: A = Reactor (Enzimación)  
 B = Tanque de recepción del jugo enzimado  
 C = Filtro (Membrana de Microfiltración)

Se observa el proceso general para la obtención de el jugo clarificado y la reducción de los sólidos insolubles del jugo inicial después del tratamiento enzimático del 87% al 31.36% de SIS, incrementándose este porcentaje al producirse la extracción continua del permeado llegando a obtener un porcentaje del 89 % SIS en el retenido o jugo pulposo final.

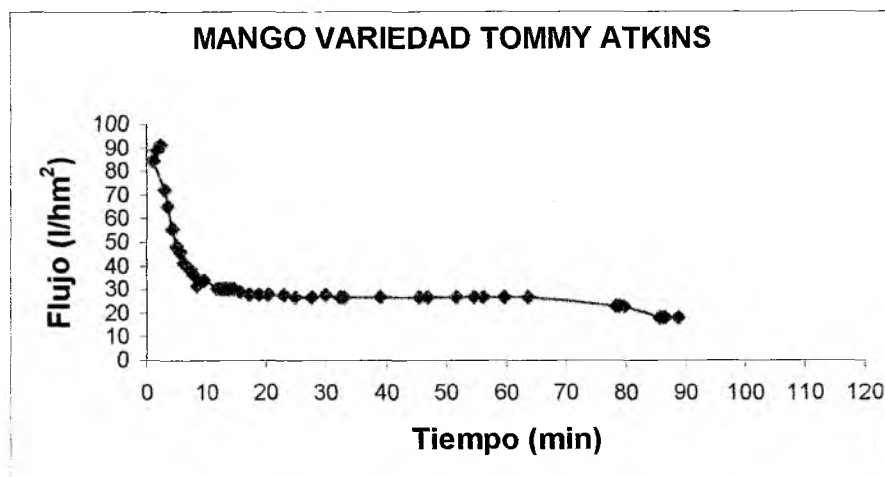
En el Cuadro 5, se presenta los resultados de la caracterización físico-química de los jugos clarificados obtenidos, para lo cual se analizó el pH, °Brix, vitamina C y la viscosidad cinemática en el jugo inicial, jugo enzimado y en el jugo retenido. Con base a los resultados se puede establecer que en los cuatro jugos no existe una mayor variación en el pH manteniéndose este en valores de 3,7 a 4,7 durante todo el proceso, de igual forma los °Brix se mantienen en valores de 16-18° Brix; el contenido de vitamina C tiende a disminuir.

**CUADRO 5. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS JUGOS CLARIFICADOS DE MANGO VARIEDAD KENT.**

Parámetros	Jugo Fresco	Jugo Permeado	Jugo Retenido
pH	4,72	3,70	3,69
Sólidos Solubles (° Brix)	18,12	16,19	16,52
Vitamina C (mg/100g)	49,71	15,52	13,75
Viscosidad cinemática (cst)	ND	1,16	ND

ND = No determinado

**MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS:** En la figura 12, se presenta la variación del flujo del permeado en función del tiempo para el jugo de mango variedad Tommy Atkins.



**Figura 12. Variación del flujo del permeado en función del tiempo para el jugo de mango variedad Tommy Atkins**

Se puede establecer que durante los 10 primeros minutos del proceso de microfiltración el flujo de permeado disminuye drásticamente obteniéndose un comportamiento similar al producido con mango variedad Kent, posteriormente existe una tendencia a estabilizarse el flujo. A partir de los 65 minutos la disminución del flujo de permeado es mínima presentándose ya una tendencia a ser constante hasta el final del proceso de filtración.

El flujo inicial obtenido para el mango variedad Tommy Atkins es de 91.2 l/hm<sup>2</sup>, produciéndose una disminución paulatina del mismo durante el proceso de microfiltración hasta estabilizarse en 18 l/hm<sup>2</sup>, obteniéndose un factor de reducción volumétrico de 1.55 y estableciéndose que el flujo global de el equipo de microfiltración tangencial utilizado es de 30 l/hm<sup>2</sup> obteniéndose un rendimiento en jugo clarificado del 35.48 % con respecto al jugo crudo de mango variedad Tommy Atkins.

La variación del porcentaje de SIS en función del tiempo de microfiltración, demuestra que al inicio del proceso se produce un descenso de los SIS debido al proceso de tratamiento enzimático al que se somete la pulpa antes de ingresar al proceso de microfiltración, posteriormente se observa la tendencia a incrementarse el porcentaje de SIS, debido al proceso de concentración del jugo a medida que se extrae la mayor cantidad de permeado.

Para la obtención del jugo clarificado se presenta una reducción de los sólidos insolubles del jugo inicial después del tratamiento enzimático del 93% al 40.97% de SIS, incrementándose este porcentaje al producirse la extracción continua del permeado, llegando a obtener un porcentaje del 65 % SIS en el retenido o jugo pulposo final.

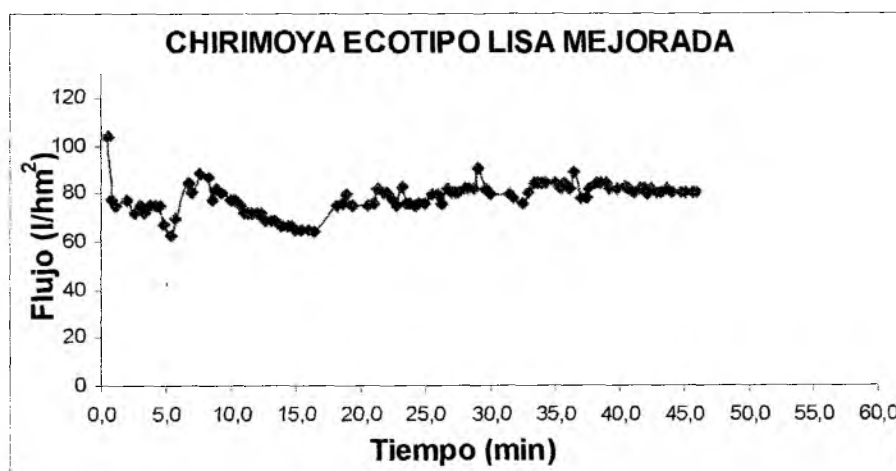
En el Cuadro 6, se presenta los resultados de la caracterización de los jugos clarificados obtenidos, para lo cual se analizó el pH, °Brix, vitamina C y la viscosidad cinemática en el jugo inicial, jugo enzimado y en el jugo retenido. Con base a los resultados se puede establecer que en los cuatro jugos no existe una mayor variación en el pH manteniéndose este en valores de 3,49 a 3.5 durante todo el proceso, de igual forma los ° Brix se mantienen, la Vitamina C tiende a disminuir durante el proceso de microfiltración.

**CUADRO 6. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS JUGOS CLARIFICADOS DE MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS.**

Parámetros	Jugo Fresco	Jugo Permeado	Jugo Retenido
pH	3,49	3,58	3,57
Sólidos Solubles (°Brix)	14,01	14,28	14,4
Vitamina C (mg/100g)	23,09	12,02	9,60
Viscosidad (cst)	ND	1,20	ND

ND = No determinado

CHIRIMOYA ECOTIPO LISA MEJORADA: En la figura 13, se representa la variación del flujo del permeado en función del tiempo para el jugo de chirimoya ecotipo Lisa Mejorada. Para el caso de la muestra de chirimoya se realizó un tamizado del jugo enzimado con la finalidad de eliminar las células piedras que posee la pulpa de esta fruta previa al ingreso a la unidad de microfiltración.



**Figura 13. Variación del flujo del permeado en función del tiempo para el jugo de chirimoya ecotipo Lisa mejorada.**

Se puede establecer que durante los 10 primeros minutos del proceso de microfiltración se produce una mayor reducción de el flujo de permeado, posteriormente existe una tendencia a incrementarse el flujo debido a que la velocidad de enzimación es superior a la velocidad de colmatación de la membrana. A partir de los 20 minutos la disminución del flujo de permeado es mínima presentándose ya una tendencia a ser constante hasta el final del proceso de filtración.

El flujo inicial obtenido para la chirimoya ecotipo Lisa Mejorada es de 103 l/hm<sup>2</sup>, produciéndose una disminución progresiva del mismo durante el proceso de microfiltración hasta estabilizarse en 80 l/hm<sup>2</sup>, obteniéndose un factor de reducción volumétrico de 2.28 y estableciéndose que el flujo global de el equipo de microfiltración tangencial utilizado es de 91.38 l/hm<sup>2</sup> obteniéndose un rendimiento en jugo clarificado del 56.14 % con respecto al jugo crudo de chirimoya ecotipo Lisa Mejorada.

El proceso general para la obtención de el jugo clarificado y la reducción de los sólidos insolubles del jugo inicial después del tratamiento enzimático es del 99% al 60% de SIS,

incrementándose este porcentaje al producirse la extracción continua del permeado llegando a obtener un porcentaje del 85 % SIS en el retenido o jugo pulposo final.

En el Cuadro 7, se presenta los resultados de la caracterización de los jugos clarificados obtenidos, para lo cual se analizó el pH, °Brix, vitamina C y la viscosidad cinemática en el jugo inicial, jugo enzimado y en el jugo retenido. Con base a los resultados se puede establecer que en los cuatro jugos no existe una mayor variación en el pH ni de los Sólidos Solubles, la vitamina C disminuye.

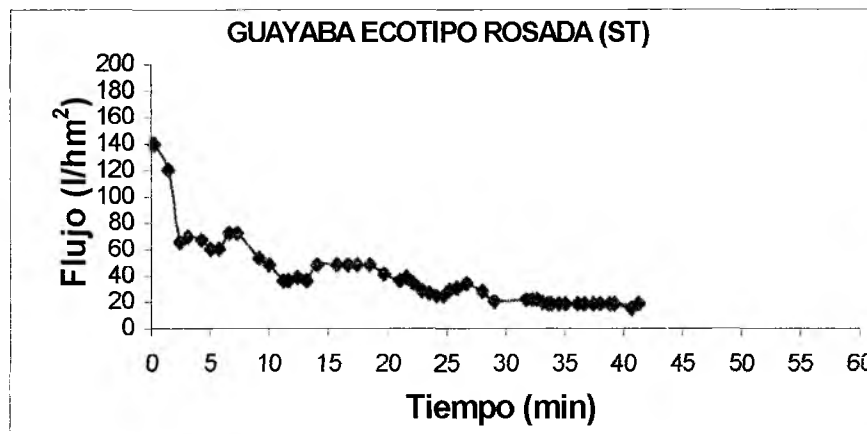
**CUADRO 7. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS JUGOS CLARIFICADOS DE CHIRIMOYA ECOTIPO LISA MEJORADA**

Parámetros Físicos/nutricionales	Jugo Fresco	Jugo Permeado	Jugo Retenido
pH	4,64	4,05	4,17
Sólidos Solubles (° Brix )	21,06	21,60	21,62
Vitamina C (mg/100g)	61,48	32,67	24,52
Viscosidad (cst)	ND	1,48	ND

ND= No determinado

**GUAYABA ECOTIPO ROSADA:** Para el jugo de guayaba se realizó el proceso de microfiltración tangencial en una muestra sin tamizar y en otra muestra tamizada a través de tela muselina con la finalidad de eliminar las células piedras que posee la pulpa de esta fruta.

En la Figura 14, se representa la variación del flujo del permeado en función del tiempo, sin un proceso de tamizado previo. Se puede establecer que durante los 10 primeros minutos del proceso de microfiltración el flujo de permeado disminuye drásticamente, posteriormente existe una tendencia a incrementarse el flujo debido a que la velocidad de enzimación es superior a la velocidad de colmatación de la membrana. A partir de los 25 minutos la disminución del flujo de permeado es mínima presentándose ya una tendencia a ser constante hasta el final del proceso de filtración.



ST = Sin tamizar

**Figura 14. Variación del flujo del permeado en función del tiempo para el jugo de guayaba ecotipo Pulpa Rosada**

En la muestra de guayaba sin tamizar al iniciar la microfiltración, el flujo obtenido es de 139.2 l/hm<sup>2</sup>, produciéndose una disminución del mismo durante el proceso de microfiltración hasta estabilizarse en 18 l/hm<sup>2</sup>, obteniéndose un factor de reducción volumétrico de 1.51 y alcanzando un flujo global del equipo de microfiltración tangencial utilizado de 45.16 l/hm<sup>2</sup> obteniéndose un rendimiento en jugo clarificado del 33.78 %.

En el caso de la muestra de jugo de guayaba tamizada previamente a través de tela muselina, el flujo inicial obtenido es de 117.6 l/hm<sup>2</sup> el cual disminuye con el tiempo de microfiltración hasta tener una tendencia constante a 57.6 l/hm<sup>2</sup>, observando que en esta muestra la reducción del flujo es menor debido a que existe menos sólidos en suspensión y por lo cual se produce una menor colmatación de la membrana, el factor de reducción volumétrica es de 2.30, que es mayor obtenido en muestra sin tamizar permitiendo obtener mayor rendimiento puesto que el flujo global del equipo es de 88,94 l/hm<sup>2</sup>, alcanzándose un rendimiento de jugo clarificado de 56.52%.

En el Cuadro 8, se presenta los resultados de la caracterización de los jugos clarificados obtenidos, para lo cual se analizó el pH, °Brix, vitamina C y la viscosidad cinemática en el jugo inicial, jugo enzimado y en el jugo retenido. En la caracterización de los jugos obtenidos, se puede observar que no existe una variación grande en lo que se refiere al pH, los cuales se mantienen en un rango de 3.7-3.9, los sólidos solubles tienden a disminuir al igual que la vitamina C.

#### CUADRO 8. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS JUGOS CLARIFICADOS DE GUAYABA ECOTIPO PULPA ROSADA.

Parámetros	Jugo Fresco	Jugo Permeado	Jugo Retenido
pH	3,95	3,70	3,81
Sólidos Solubles (° Brix )	10,07	7,20	8,27
Vitamina C (mg/100g)	177,77	41,78	41,95
Viscosidad cinemática (cst)	ND	0,94	ND

ND= No determinado

#### Obtención de otros elaborados para las cuatro frutas en estudio.

Los resultados que se han obtenido son preliminares, debido a que en esta fase de la investigación se probó la factibilidad de obtenerlos y con pocas pruebas de catación.

**Rodajas de mango en su propio jugo:** se tiene presentaciones de 500 gramos de rodajas de mango de la variedad Tommy Atkins en dos estados de madurez (50 y 75% viraje de color de cubrimiento de verde a rojo), no se ha probado con la variedad Kent debido a que la cosecha es a mediados de diciembre. La conserva se probó con jugos clarificados de las dos variedades, encontrándonos al momento en la fase de vida de anaquel.

**Concentrados clarificados de frutas:** partiendo de los jugos clarificados se procedió a concentrar a nivel de laboratorio en un rotavapor (40°C) hasta 60°Brix, éste producto tendría aceptación para endulzar en forma natural té y otro tipo de bebidas, en la actualidad está de moda y existe en el mercado de Europa el té frío de melocotón. Los rendimientos de jugo a concentrado se presentan en el Cuadro 9.

## CUADRO 9. RENDIMIENTO DEL CONCENTRADO CLARIFICADO PARA LAS CUATRO FRUTAS EN ESTUDIO.

Concentrado Clarificado	Rendimiento (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	
		Jugo	Concentrado
Chirimoya ecotipo Lisa Mejorada	27.6	23	60
Guayaba ecotipo Pulpa Rosada	9	8.4	60
Mango variedad Tommy Atkins	18	14.4	60
Mango variedad Kent	22.05	16.8	60

**Bebidas alcohólicas:** Partiendo de los jugos clarificados se procedió adicionar alcohol potable hasta obtener una bebida de 10 a 12 grados, las degustaciones realizadas indicaron el siguiente orden de aceptabilidad: mango Kent, mango Tommy Atkins, chirimoya y guayaba.

**Compotas:** Los retenidos obtenidos en el proceso de microfiltración se concentraron con calor directo hasta obtener una consistencia propia de este producto, habiéndose obtenido los siguientes rendimientos de compota ha retenido: chirimoya 91%, mango Kent 60%, mango Tommy Atkins 40% y la guayaba 23%. Es importante destacar que mango Kent empieza un proceso de pardeamiento lo que no sucede con Tommy Atkins. El producto obtenido para guayaba, se lo realizó con adición de sacarosa al 7%.

**Concentrado de carotenoides:** Estudios recientes indican que la luteína, un carotenoide muy importante para la visión y que actúa como filtro solar y como potente antioxidante, se encuentra en mayor contenido en el mango, y que el retenido obtenido en la microfiltración sería un concentrado de este producto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se caracterizaron las paredes celulares de las frutas seleccionadas, lo que permitió seleccionar el mejor tipo de preparación enzimática comercial a usar en cada resultado del proyecto.

Quedó demostrado el interés de introducir parte del exocarpio en las pulpas para aumentar la calidad y elaborar nuevos productos, como son los cremogenados de frutas, con lo cual se aumenta el rendimiento en pulpa, se da consistencia a las pulpas que tienden a desfasarse, aumenta el color de las pulpas.

Se definió la relación entre dosis/tiempo de hidrólisis enzimática para obtener cremogenados con características reológicas dadas y pulpas de diferentes viscosidades y consistencias en función de los usos para las dos variedades de mango. Se recomienda utilizar las preparaciones enzimáticas Rapidasse Carrot o Rapidasse Pomaliq, para las pulpas de chirimoya ecotipo Lisa Mejorada y mango variedades Tommy Atkins y Kent, pues se obtiene un efecto similar en la solubilización de sus paredes celulares.

Con las preparaciones enzimáticas investigadas no se ha logrado solubilizar la pulpa hasta valores económicamente rentables, para el ecotipo de guayaba de pulpa Rosada, recomendándose continuar con la investigación, seleccionando otros cócteles comerciales, considerando los resultados obtenidos en la caracterización química de la pared celular.

El proceso para la obtención de las pulpas tratadas enzimáticamente en sus etapas de homogenización, pasteurización y envasado debe realizarse al vacío, para evitar problemas de pardeamiento, sobre todo en chirimoya, como lo hacen para la obtención de puré de banano.

Los resultados obtenidos en la obtención de pulpas tratadas enzimáticamente con el mayor grado de solubilidad, sirvió para elaborar los jugos clarificados, sea por centrifugación a las condiciones que utiliza la industria o con tecnología avanzada como es el caso de la microfiltración tangencial.

De los tres resultados ofertados, se probó la factibilidad de desarrollar otros productos, debiéndose continuar los trabajos para concretar la viabilidad económica.

Se recomienda el uso de la cromatografía de gases en la determinación de monosacáridos en paredes celulares de frutas por la selectividad que esta técnica ofrece frente a la cromatografía líquida de alta eficiencia.

El Departamento de Nutrición y Calidad, cuenta con experiencia para el control de calidad de preparaciones comerciales con actividades enzimáticas selectivas, análisis específicos relacionados al control de calidad y en procesos de frutas, análisis de monosacáridos.

Se tiene un estudio completo sobre la rentabilidad para una planta procesadora de fruta, el cual fue realizado para la Empresa Agriproduct, que demuestra que el proyecto de ampliación de una planta de tratamiento es viable comercial, técnica, legal y financieramente.

Hay que promover el establecimiento regional de agroindustrias para la transformación de la guayaba, mango y otras frutas tropicales, por lo menos en su primer proceso de obtención de pulpa para su venta a la industria fresca, láctea, de jaleas y otros dulces, con el objeto de generar más oportunidades de empleo y participar en los mercados con mayor valor agregado.

#### **LOGROS ADICIONALES**

**PROPUESTA FONTAGRO:** La experiencia adquirida por el investigador principal, así como la oportunidad que se tuvo de participar en un curso internacional en Israel, habiéndose trabajado con representantes de CORPOICA-Colombia, en una propuesta como trabajo final del curso, la cual sirvió como base y al momento se tiene aprobado el financiamiento.

**Título:** "Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo postcosecha de productos exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana L.*), Granadilla (*Passiflora ligularis L.*), babaco (*Carica pentágona heilb*) y tomaté de árbol (*Cyphomandra betacea (Cav) Sendt*).

**Periodo de ejecución:** 2004 – 2007

**Investigador principal:** Ing. MSc. Hugo Reinel García Bernal. CORPOICA.

**Coordinador Colombia:** Ing. MSc. Cristina García. CORPOICA.

**Coordinador Ecuador:** Ing. Ms. Beatriz Brito. INIAP.

#### **Instituciones ejecutoras:**

##### **Colombia:**

- ❖ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA: Programa Nacional de Investigación en Procesos Agroindustriales, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología, Ecorregión Andina.
- ❖ Universidad de Bogotá, Facultad de Ingeniería de Alimentos.



**Ecuador:**

- ❖ Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Departamento de Nutrición y Calidad y Programa Nacional de Fruticultura.
- ❖ Agroalfapecuaria Cia, Compañía encargada de transferir tecnología agropecuaria.
- ❖ PROEXANT, Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales.

**CGIAR :**

- ❖ CIAT: Proyecto de Agro empresas Rurales.
- ❖ CIRAD FLHOR: Departamento de frutas y producciones hortícola.

**Proyectos regionales de cooperación:**

- ❖ PROCINDINO

**PROPUESTA CADENA AGROALIMENTARIA MANGO:** La transferencia de los resultados obtenidos para el rubro mango, así como nuevas investigaciones, se están viendo plasmadas en un proyecto macro para la cadena agroalimentaria de mango en el país, que es coordinado por el ISNAR de Holanda, siendo responsable del eslabón "procesamiento".

**Título:** "Promoviendo la innovación en el procesamiento de mango mediante la validación y aplicación de tecnologías de punta"

Es una alianza entre empresas procesadoras, investigadores nacionales e internacionales, Fundación Mango Ecuador y CORPEI. Las actividades requeridas para alcanzar los objetivos del proyecto se distribuirán entre las entidades de acuerdo con sus fortalezas; así:

- ❖ El INIAP, la Universidad de Guayaquil y la ESPOL liderarán el proceso de desarrollo, ajuste e innovación tecnológica de acuerdo a las exigencias de calidad de los mercados, con una participación activa de las empresas procesadoras.
- ❖ Las empresas procesadoras liderarán el proceso de validación tecnológica y económica para los productos desarrollados con el apoyo de los investigadores del INIAP, la Universidad de Guayaquil y la ESPOL.
- ❖ La CORPEI y la Fundación Mango Ecuador liderarán el proceso de identificación y desarrollo de mercados tanto para los productos existentes como para los nuevos productos desarrollados, así como su promoción para posicionarlos en el mercado, contando con la participación activa de las empresas procesadoras.
- ❖ La Fundación Mango Ecuador será la encargada de la socialización de los resultados y el fortalecimiento de la capacidad de innovación en la cadena de mango.
- ❖ El CIRAD-FLHOR apoyará científicamente con tecnologías innovadoras, dada su larga experiencia en el procesamiento y conservación de frutas tropicales.

**RECONOCIMIENTOS**

Al Grupo de Referencia del proyecto y de manera especial: al Ing. Laureano Martínez, Agente de TTA-PROMSA por su asistencia técnica en el rubro guayaba; y para el rubro mango a la Fundación Mango Ecuador, en la persona de la Ing. Carmen Almeida.

Al Ing. Luis Fernando Rodríguez, Ing. Elena Villacrés, Dr. Armando Rubio, Econ. Luis Mendoza, Ing. Marcelo Racines, Sra. Mariana Navarrete, Sra. Elizabeth Hinojosa, por su colaboración.

Al Ing. Patricio Pérez y a los tesisistas de los diferentes centros de educación superior: Srta. Marisol Rodríguez (Ing. Química-ESPOCH), Srta. Berenice Pontón (Ing. Industrial-ESPOL), Sr. Iván Samaniego (Química-ESPOCH) y Srta. María Isabel Jaramillo (Química-PUCE), personal con el cual se completó el equipo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ARTHEY, D., Ashurst, P.R., 1996. *Procesado de Frutas*. Chapman & May. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
2. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Departamento de Comercio Exterior. Quito, Ecuador.
3. BENITEZ, T., GASENT-RAMIREZ, J.M., CASTREJÓN, F. AND CODÓN, A.C. 1996. Development of New Strains for the Food Industry, *Biotechnol. Prog.*, 12, 149-163.
4. DE-LANGE, R. 1988. Enzymatic extraction and clarification of banana juice (*Musa sapientum* Lin. Var. *Suaveolus*). Thesis MS in Food Science. Philippines Univ. Philippines.
5. DI BAGGI, V., GHOMMIDH, C., NAVARRO, J.M. AND CROUZET, J. 1986. Fermentation alcoolique de la pulpe de mangue. *Sciences des Aliments*, 6, 407-416.
6. MARCELIN O. 1992. Caracterisation des polysaccharides parietaux de la goyava (*Psidium guajava* L.), Application a l'obtention de nouveaux types des purées par voie enzymatique. Tesis Doctorado L' Université Montpellier. USIL-IPV-INRA. Francia.
7. OLLE D. 1997. Caracterisation des Polisaccharides et des composés aromatiques de différents cultivars de mangue (*Mangifera indica* L.). Devenir de ces constituants lors de la préparation des concentrés aromatiques pulpeux. Tesis Doctorado. Université de Paris. Francia.
8. PERIÓDICO LA VERDAD. Sección El Campo. Página 3. Murcia 20 de Noviembre de 1997.
9. RASHIDA E. EL BULK, ET. al. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chemistry*, Vol. 59, N. 3, pp. 395-399. Elsevier Science Ltd.
10. SALUNKHE, D.K., KADAM, S.S. 1995. *Handbook of Fruit Science and Technology, Production, Composition, Storage, and Processing*. Marcel Dekker, Inc. ISBN 0-8247-9643-8. 634 p.
11. SREENATH, H.K. et. al. 1995. Enzymatic Liquefaction of some varieties of mango pulp. *Lebensm. Wiss, u Technol.* 28, 196-299, Vol. 2.
12. TAKUO, S., et. al. 1993. Pectin, Pectinase and Protopectinase: Production, Properties and Applications. *Adv. Appl. Microbiol.* Vol 39, pp. 213-294.
13. VORAGEN A.G.J., et. al 1986. Enzymic Lysis of Pectic Substances in Cell Walls: Some Implications for Fruit Juice Technology. In: *Chemistry and function of pectins*. American Chemical Society, pp. 230-247.
14. WARD, O.P. 1990. *Hydrolytic Enzymes*. National Institute for Higher Education, Dublin, Ireland. Industrial Chemicals. Biochemicals and Fuels. P. 819-834.