



**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA  
MODALIDAD SEMIRESENCIAL**

**CARRERA INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**

**PROCESO DE MODIFICACION DE SÓLIDOS EN EL ACEITE DE  
PALMA (*Elaeis guineensis jaquet*) MEDIANTE LA  
INTERESTERIFICACION CON ADICION DE LATEX DE BABACO**

**AUTOR**

MANOBANDA MANOTOA JOSE LUIS

**DIRECTORA**

**Ing. TERESA LLERENA GUEVARA**

**Quevedo - Los Ríos - Ecuador**

2011

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA  
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL  
CARRERA INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS**

**PROCESO DE MODIFICACION DE SÓLIDOS EN EL ACEITE DE  
PALMA (*Elaeis guineensis jaquet*) MEDIANTE LA  
INTERESTERIFICACION CON ADICION DE LATEX DE BABACO**

Presentado al Honorable Comité Técnico académico administrativo de la  
Unidad de Estudios a Distancia como requisito previo a la obtención del título  
de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL:**

Ing. Leonardo Baque Mite Msc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL .....

Ing. Pedro Intriago Zamora Msc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL .....

Ing. Geovanny Suarez Fernández Msc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL .....

Ing. Teresa Llerena Guevara

DIRECTORA DE TESIS .....

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2011

## **CERTIFICACIÓN**

La suscrita Ing. Teresa Llerena Guevara certifica el señor José Luis Manobanda Manotoa, realizó la tesis titulada “**PROCESO DE MODIFICACION DE SÓLIDOS EN EL ACEITE DE PALMA (*Elaeis guineensis jaquet*) MEDIANTE LA INTERESTERIFICACION CON ADICION DE LATEX DE BABACO** bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

Ing. Teresa Llerena Guevara  
DIRECTORA DE TESIS

## DECLARATORIA

El contenido de la presente investigación: **PROCESO DE MODIFICACION DE SÓLIDOS EN EL ACEITE DE PALMA (*Elaeis guineensis jaquet*) MEDIANTE LA INTERESTERIFICACION CON ADICION DE LATEX DE BABACO**, son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

José Luis Manobanda Manotoa

## **DECLARACION**

José Luis Manobanda Manotoa, declaro bajo juramento que el presente trabajo, aquí descrito es de mi autoría, el cual no ha sido presentada por ninguna institución ni grado o calificación profesional.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Estudios a Distancia, según lo establecido por la Ley de propiedad Intelectual, por su reglamento la normativa institucional vigente.

---

José Luis Manobanda Manotoa

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi padre.**

Por su comprensión y ayuda en momentos malos y momentos buenos. Me ha enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

### **A mi madre.**

Que desde el cielo me ha enviado sus bendiciones

### **Para mi esposa Laura.**

A ella especialmente le dedico esta Tesis. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es, porque la quiero. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí.

### **Para mis hijos.**

Deyci Liliana y Kevin Ariel. Que es el mejor regalo de Dios, y han venido a este mundo para darme el último empujón para terminar el trabajo. Son sin duda mi referencia para el presente y para el futuro.

A todos ellos, muchas gracias de todo corazón.

### **A mis maestros**

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial: a la Ing. Teresa Llerena Guevara, por haber guiado en el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y en especial a la Unidad de Estudios a Distancia, que me dieron la oportunidad de formar parte.

Al personal de La Empresa Epacem S.A. que de una y otra manera colaboraron con la culminación de este trabajo de manera especial al Ing. Ángel Canchiña Acosta, por su apoyo ofrecido en los momentos difíciles.

## CONTENIDO

CARATULA.....	i
MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	ii
CERTIFICACION.....	iii
CLARATORIA.....	iv
DECLARACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICATORIA.....	vii
CONTENIDO.....	viii
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Pág.</b>
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	4
<b>VISION DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 La palma africana aceitera.....	5
2.2 Situación de la Palma Africana en el Ecuador.....	5
2.3 Industria del aceite de palma.....	6
2.3.1 Extracción.....	7
2.3.2 Esterilización.....	7
2.3.3 Desgranado.....	7
2.3.4 Digestión.....	8
2.3.5 Extracción del aceite.....	8
2.3.6 Clarificación.....	8
2.4 Aceites y grasas.....	8
2.4.1 Composición nutricional.....	9
2.4.2 Usos Comestibles.....	10
2.4.3 El aceite de palma y su salud.....	10
2.4.4 Ácidos grasos trans.....	11
2.5 Historia de las lipasas.....	11
2.5.1 Generalidades de lipasas.....	12
2.5.2 Lipasas en la industria.....	12
2.5.3 Las enzimas.....	13
2.5.3.1 Tipos y fuentes de obtención de enzimas.....	13
2.5.3.1.1 Enzimas microbianas.....	13
2.5.3.1.2 Enzimas vegetales.....	13
2.5.3.1.3 Enzimas animales.....	14
2.6 Interesterificación enzimática de aceites y grasas.....	14
2.6.1 Uso de la Interesterificación.....	15

2.6.2 Contenido de Sólidos en las grasas.....	16
2.7 El babaco.....	17
2.7.1 Usos.....	17
2.7.2 Composición química del babaco.....	18
2.7.2.1 Composición bromatológica del fruto del babaco.....	19
2.7.3 El babaco posee enzimas de gran interés industrial.....	19
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 Ubicación y duración del experimento.....	21
3.2 Condiciones Meteorológicas.....	21
3.3 Materiales y Equipos.....	21
3.4 Factores y niveles de estudio.....	22
3.5 Unidades Experimentales.....	23
3.6 Diseño experimental.....	24
3.6.1 Análisis estadístico.....	24
3.6.2 Análisis de la varianza (ADEVA).....	24
3.7 Mediciones Experimentales.....	25
3.7.1 Sólidos.....	25
3.8 Costos y beneficios.....	26
3.8.1 Costos Totales.....	26
3.8.2 Ingreso Bruto.....	26
3.8.3 Beneficio Neto.....	26
3.9 Manejo experimental.....	27
3.9.1 Procedimiento experimental.....	27
3.9.2 Técnica experimental para la determinación de sólidos.....	29
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Resultados de los análisis de sólidos.....	31
4.1.1 Sólidos del aceite de palma a 10 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer.....	31
4.1.2 Sólidos del aceite de palma a 20 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer .....	32
4.1.3 Sólidos del aceite de palma a 30 °C en el Minispec Bruker	

Mq 20 NMR Analyzer.....	33
4.1.4 Sólidos del aceite de palma a 35 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer.....	35
4.1.5 Sólidos del aceite de palma a 40 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer.....	36
4.2 Costos y rentabilidad.....	37
4.2.1 Costos totales.....	37
4.2.2 Relación Beneficio-Costo.....	38
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	40
5.1 Sólidos.....	41
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	41
6.1 Sólidos.....	42
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	43
<b>VIII. RESUMEN.....</b>	45
<b>IX. SUMMARY.....</b>	47
<b>X. BIBLIOGRAFIA.....</b>	49
<b>XI. ANEXOS.....</b>	

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Pág.</b>
1	Composición nutricional.....	10
2	Composición química de la parte comestible del babaco.....	18
3	Composición bromatológica del fruto del Babaco.....	19
4	Condiciones meteorológicas del Cantón Santo Domingo.....	21
5	Tratamientos para la modificación y evaluación de sólidos del aceite de palma.....	23
6	Selección de las unidades experimentales.....	
7	Sistema de varianzas para un experimento factorial AxBxC bajo un DBCA.....	24
8	Porcentaje de sólidos a 10 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	25
9	Porcentaje de sólidos a 20 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	32
10	Porcentaje de sólidos a 30 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	33
11	Porcentaje de sólidos a 35 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	34
12		

13	Porcentaje de sólidos a 40 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	36
	s e Ingresos y Rentabilidad en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	37
		39

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Diagrama de experimentación.....	55
2	Balance del mejor tratamiento del contenido de sólidos de la investigación.....	56
3	Recepciones de muestras de aceite.....	61
4	Recepción y extracción de látex de babaco.....	61
5	Recipiente de acero para la reacción con reciclo de agua caliente.....	62
6	Filtración del aceite.....	62
7	Tratamiento térmico de la muestra.....	63

8	Dosificación en tubos de vidrio.....	63
9	Muestras listas.....	64
10	Colocación de las muestras en el ultratermostato a temperaturas establecidas.....	64
11	Equipo utilizado para determinar sólidos (Minispec).....	65
12	Colocación de la muestra en la ranura del Minispec.....	65
13	Registro de lectura de sólidos.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Pág.</b>
1	Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 10 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	50

2	Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 20 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	51
3	Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 30 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	52
4	Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 35 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	53
5	Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 40 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	54
6	Diagrama de flujo de proceso de modificación de sólidos en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	55
7	Selección de materiales para el mejor tratamiento.....	56
8	Resultados obtenidos de la modificación de sólidos del aceite de palma.....	57
9	Maquinaria y equipos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	58

10	Materiales directos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	58
11	Costo de la mano de obra directa utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	
12	Materiales indirectos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	59
13	Depreciación de maquinaria y equipos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	59
14	Suministros utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	60
15	Descripción de los costos totales utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	60
16	Fotos del proceso de modificación de sólidos en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.....	61

## INTRODUCCION

La palma africana (*Elaeis guineensis* J.) ha representado en las últimas décadas la alternativa viable para solventar las demandas crecientes de materia prima oleaginosa en los países ubicados en la franja tropical y subtropical.

Este aceite de origen vegetal obtenida del mesocarpio de la fruta de la palma *Elaeis* (*E. guineensis*), es considerado como el segundo más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soya. El aceite crudo de palma es rica fuente de vitamina A y posee cantidades de vitamina E. y aplicando técnicas de modificación adecuadas permite obtener una amplia variedad de productos para la industria de alimentos, entre los cuales se encuentran los aceites de cocina, mantecas, bases para margarinas (grasa vegetal sustituto de la mantequilla en la cocina) y para la industria oleo-química, materias primas para la fabricación de jabón, jabones metálicos, velas y grasas lubricantes.

En América el Ecuador es el segundo productor de Palma Africana, el cuarto exportador de Aceite de Palma Africana y el segundo consumidor a nivel Industrial.

Los principales aceites crudos para la Industria Aceitera Ecuatoriana son los de palma y el de soya. La utilización de aceites crudos en la Industria es: 73.6% aceite de palma, 24 % aceite de soya y 2.4 % otros aceites (principalmente aceite de algodón y pescado).

La interesterificación permite obtener una grasa con unas propiedades físicas regulares, a partir de una mezcla de diferentes aceites o grasas. Al tratarse de una reacción que no genera ácidos grasos trans, la grasa obtenida se puede utilizar sin problemas para la fabricación de margarinas.

Las grasas comerciales reales hechas por interesterificación enzimática pueden tener niveles bajos de ácidos grasos trans. En la industria de las grasas, se denomina curva de sólidos a la representación del porcentaje de componentes sólidos en una grasa frente a la temperatura.

La información representada en la curva de sólidos permite conocer el grado de fusibilidad de un aceite, manteca o margarina y su comportamiento en el refrigerador, a temperatura ambiente y en el paladar.

El contenido de sólidos grasos del aceite de palma le da a algunos productos como margarinas y mantecas una consistencia sólida/semisólida sin necesidad de hidrogenación. En un proceso de hidrogenación parcial se forman ácidos grasos trans, que tienen un efecto negativo en la salud.

Gracias al uso de lipasas se puede también hidrolizar y sintetizar lípidos. La producción de grasas sustitutas de leche humana así como la elaboración de lípidos sustitutos de manteca de cacao son dos ejemplos de la modificación de lípidos usando lipasas. Dichos productos poseen propiedades muy cercanas a

la de los productos naturales y son muy utilizados en la industria de alimentos infantiles y en la elaboración de chocolates, respectivamente.

Las propiedades físicas, químicas y nutricionales de las grasas y aceites no dependen solamente de su composición en ácidos grasos sino también de su distribución en la estructura del triglicérido. Las lipasas son capaces de transformar las características de las grasas y aceites consiguiendo una modificación de la estructura de los triglicéridos, obteniendo como producto final un lípido estructurado.

El Babaco una fruta considerada exótica en el mercado internacional, podría cambiar, no sólo la vida de cientos de productores ecuatorianos, sino también abrir una nueva alternativa para la industria de modificación de lípidos.

## **1.3Objetivos**

### **1.3.1 General**

Evaluar el contenido de sólidos en el aceite de palma mediante la interesterificación utilizando el látex del babaco.

### **1.3.2 Específicos**

- Conocer el tiempo necesario para modificar los sólidos en el aceite de palma
- Establecer que temperatura es mejor para llevar a cabo la interesterificación utilizando el látex.

- Determinar el porcentaje óptimo de látex para modificar los sólidos en el aceite de palma.
- Revelar la relación costo/beneficio del mejor tratamiento de investigación.

#### **1.4 Hipótesis**

- **Hipótesis nula**

**Ho<sub>1</sub>:** El tiempo, la temperatura y el látex de babaco en la interesterificación no influyen de manera positiva en el contenido de sólidos del aceite de palma.

- **Hipótesis alternativa**

**Ha<sub>1</sub>:** Al menos uno de estos factores: el tiempo, la temperatura y el látex de babaco en la interesterificación influyen de manera positiva en el contenido de sólidos del aceite de palma.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 La palma africana aceitera

La palma africana (*Elaeis guineensis* J.) ha representado en las últimas décadas la alternativa viable para solventar las demandas crecientes de materia prima oleaginosa en los países ubicados en la franja tropical.

En algunos países de América, la introducción de la palma aceitera africana significa: sustitución de importación de aceite, economía de divisas, promoción de la agroindustria, trabajo bien remunerado, vivienda adecuada, salud, educación e incorporación a la economía del país a zonas no tradicionales.

Esta especie de origen africano y dispersa en la franja tropical hasta 15 °C a ambos lados del Ecuador, es posible que haya sido introducido a América en el

siglo XV junto con los esclavos. Actualmente existen, en este continente, grandes plantaciones de alta tecnificación en Colombia, Ecuador, Brasil, Honduras, Costa Rica, Panamá, México y Venezuela. **SALAS (1976)**

## **2.2 Situación de la Palma Africana en el Ecuador**

Las favorables condiciones climáticas lo ubican al Ecuador en un lugar de privilegio para el cultivo de la palma africana, actividad que reúne todos los requisitos para convertirse en uno de los ejes de desarrollo social y de gran aporte para nuestra economía, en la generación de divisas que constituyen el pilar fundamental para sostener la dolarización en nuestro país. **IDROVO (2002)**

El cultivo de la palma africana promueve importantes inversiones de aproximadamente 600 millones de dólares, genera fuentes de trabajo e impulsa el progreso de extensas zonas del Ecuador, no solo por el cultivo de esta oleaginosa perenne, sino por los negocios que se generan alrededor de la misma. En la actividad agrícola se encuentran empleadas directamente alrededor de 60,000 personas y se calcula que en los negocios relacionados a este cultivo como la comercialización e industrialización se ha generado adicionalmente 30,000 plazas de trabajo. **BANCO CENTRAL DEL ECUADOR-ANCUPA (2006)**

La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana ANCUPA y su brazo comercializador FEDAPAL, se caracterizan por su organización, capacitación, transferencia tecnológica, investigación y promoción de este cultivo a lo largo de la cadena.

En el año 2005, existió una oferta creciente de fruta y aceite crudo de palma; la producción de aceite de palma en bruto fue de aproximadamente 320.000 Tm., de estas 200.000 Tm. Son absorbidas por la industria nacional, su excedente es decir aproximadamente 120.000 Tm. Se exportan principalmente hacia Venezuela y México. En cuanto a las importaciones de este producto, en el

período comprendido entre los años 2002 al 2005 no se han registrado ya que el Ecuador es autosuficiente. **BANCO CENTRAL-ANCUPA (2006)**

El aceite de palma es actualmente el segundo aceite de mayor consumo a nivel mundial y el de mayor nivel de exportaciones.

Malasia es el mayor productor, sin embargo en países de Sud América como Colombia, Ecuador y Costa Rica en Centro América cuentan con producciones muy considerables.

## **2.3 Industria del aceite de palma**

El aceite de palma, *Elaeis guineensis*, crudo es un alimento graso rico en carotenoides principalmente el  $\beta$ -caroteno y  $\alpha$ -caroteno, los cuales le proporcionan una fortaleza nutricional, ya que estos pigmentos son precursores de la vitamina A y están directamente relacionados con sus propiedades protectoras contra el daño de los radicales libres. Sin embargo, este aceite es refinado para su posterior consumo trayendo como consecuencia una pérdida de sus propiedades. **BUSTAMANTE (2001)**

La refinación actualmente aplicada es poco moderada, trayendo en consecuencia la imposibilidad de conservar la mayor cantidad posible de los antioxidantes naturales presentes en el aceite de palma crudo como los tocoferoles, tocotrienoles y carotenos que ayudan a proteger de la oxidación a dicho aceite, y que a su vez proporcionan una mayor calidad nutricional al alimento. **BUSTAMANTE (2001)**

### **2.3.1 Extracción**

Los pasos a seguir para lograr el producto final son los siguientes:

Esterilización, separación de los frutos del raquis o desgranado, digestión y amasado del fruto o malaxación, extracción del aceite o prensado del fruto, clarificación del aceite rojo, secado de las nueces, separación de las almendras

y descarte del endocarpio, secado y ensacado de las almendras. **SALAS (1976)**

### **2.3.2 Esterilización**

Se realiza a presión de vapor de agua que oscila entre 2 y 3 kg/cm<sup>2</sup> por tiempo que varía entre 30 y 45 minutos dependiendo del estado de madurez de los racimos, en los racimos inmaduros el tiempo es mayor. **SALAS (1976)**

Los propósitos fundamentales de la esterilización son:

Facilitar el desprendimiento de los frutos del raquis, reducir los ácidos grasos libres del aceite, posibilitar el proceso de extracción del aceite al suavizar el mesocarpio, facilitar el proceso de clarificación del aceite. **SALAS (1976)**

### **2.3.3 Desgranado**

Consiste en separar los frutos contenidos en las espiguillas o raquis de los racimos. **SALAS (1976)**

### **2.3.4 Digestión**

Consiste en macerar los frutos bajo condiciones de vapor de agua a una temperatura aproximada a los 95 °C. En esta fase se rompen las células en las cuales está contenida el aceite rojo este puede ser liberado espontáneamente o bien se facilita su extracción para la próxima etapa. **SALAS (1976)**

### **2.3.6 Extracción del aceite**

El proceso de extracción del aceite rojo ha evolucionado desde medios muy rudimentarios, manuales, pasando por prensas mecánicas hidráulicas, hasta prensas de tornillos de doble eje, que son las utilizadas actualmente. **SALAS (1976)**

### 2.3.7 Clarificación

El aceite rojo del mesocarpio que sale de la prensa es aceite crudo, con altos contenidos de impurezas, aproximadamente 60 % de agua y gran cantidad de material fibroso proveniente del mesocarpio, además contiene materias no oleaginosas que se deben eliminar para lograr una buena calidad de los aceites. **SALAS (1976)**

## 2.4 Aceites y grasas

En base a su origen, las grasas se clasifican en animales, vegetales y mezclas. Dentro de las grasas de origen animal hay grasas poli-insaturadas (origen marino), grasas insaturadas (grasa de aves), moderadamente insaturadas (manteca porcino), saturadas (sebo vacuno) y mezclas de todas las anteriores.

Dentro de las grasas vegetales, tenemos unos aceites más insaturados (girasol, maíz o soja) que otros (oliva, palma o coco). Un tercer grupo de lípidos de interés creciente es el formado por mezclas de grasas y subproductos industriales cuya materia prima original es la grasa. En este grupo tenemos las oleínas, las lecitinas, las grasas de freiduría, los subproductos industriales y los destilados procedentes de la industria del glicerol y de los ácidos grasos.

Para valorar una grasa han de tenerse en cuenta con los siguientes criterios:

- Calidad química intrínseca (grado de humedad, impurezas, insaponificables, peróxidos, fracción no eludible, polímeros de ácidos grasos, sustancias extrañas, tóxicos, etc.).
- Composición y valor nutricional (contenido en energía bruta, porcentaje de triglicéridos, composición y riqueza en ácidos grasos esenciales, etc.)

La digestibilidad de una grasa depende fundamentalmente de su capacidad de solubilización y de formación de micelas en el intestino. **ETSIA (2003)**

Las grasas son nutrientes que aportan mayor cantidad de energía (9 Kcal. /g).

Están formados casi de forma exclusiva por triglicéridos en una cantidad mayor al 95 %, cuyo contenido es una molécula de glicerol que tiene tres ácidos grasos esterificados que pueden ser de muy diversa longitud de cadena y grado de insaturación.

#### 2.4.1 Composición nutricional

Los datos de la composición nutricional del aceite de palma deben interpretarse por 100 g de la porción comestible.

**Cuadro 1. Composición nutricional**

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	884 Kcal
Agua	0.00g
Proteína	0.00g
Grasas	100.00g
Cenizas	0.00g
Carbohidratos	0.00g
Fibra	0.00g
Calcio	0.00g
Hierro	0.01g
Fosforo	0.00mg
Vitamina E	15.94mg

**Fuente:** [Http://www.nal.usda.gov](http://www.nal.usda.gov) Citado por la FAO (2006)

#### **2.4.2 Usos Comestibles**

Actualmente, el aceite de palma es el segundo aceite más consumido en el mundo, se emplea como aceite de cocina, para elaborar productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados, deshidratados y cremas no lácteas para mezclar con el café. **FAO. (2006)**

#### **2.4.3 El aceite de palma y su salud**

Las características del ácido palmítico (compuesto del aceite de palma) reducen el colesterol total y las lipoproteínas de baja densidad.

El aceite de palma contiene una relación 1:1 entre ácidos grasos saturados e insaturados, además contiene antioxidantes naturales como los tocoferoles. Se han realizado múltiples estudios sobre los efectos del consumo de aceite de palma en la salud humana, principalmente relacionados con el perfil lipídico, la trombosis arterial y el cáncer. **FAO. (2006)**

#### **2.4.4 Ácidos grasos trans**

La formación de trans isómeros se da principalmente durante la hidrogenación de aceites altamente insaturados, se ha determinado que la presencia de estos aceites afecta los niveles de colesterol originando enfermedad coronaria y enfermedades cardiovasculares.

Las industrias de grasas y aceites han desarrollado nuevos productos que utilizan procesos como la interesterificación (química o enzimática) y fraccionamiento de grasas; también se ha recurrido a las mezclas de diferentes grasas y aceites, o fracciones de éstas para obtener productos libres o bajos en AGT, por ejemplo: mezclas de aceite de canola y triacilglicerol

interesterificados. Dichas mezclas contienen menos del 1 % de AGT y niveles de ácidos grasos saturados muy bajos, entre el 20 y 33 %.

## 2.5 Historia de las lipasas

La presencia de lipasas ha sido observada desde 1901 en *Bacillus prodigiosus*, *B. pyocyaneus* y *B. fluorescens*, las lipasas producidas por estos microorganismos han sido estudiadas a detalle. Las enzimas encargadas de hidrolizar triglicéridos han sido estudiadas por más de 300 años, pero la habilidad de las lipasas para catalizar la hidrólisis y también sintetizar esteres ha sido reconocido desde hace apenas 70 años.

En 1856, Claude Bernard descubrió una lipasa en el jugo pancreático, el observó que esta enzima hidrolizaba gotas de aceite insoluble y las convertía en productos solubles.

Las lipasas difieren en varias de sus propiedades, éstas dependen de su origen (el cual puede ser fúngico, bacteriano, de mamíferos, etc.), ellas catalizan la hidrólisis o síntesis de una gran variedad de esteres carboxílicos y liberan ácidos orgánicos y glicerol. Todas ellas muestran una alta especificidad sobre los sustratos.

En años recientes, más de 30 lipasas fueron aisladas de cepas de *Rhizopus* y muchas de ellas han sido caracterizadas. Las lipasas de *Rhizopus* están relacionadas con las lipasas de *Rhizomucor miehei* (existe una homología >55 %), éstas tienen una alta especificidad en la posición 1,3 de triglicéridos, las cuales las hacen muy versátiles en la modificación de lípidos. **RIVERA, GARCIA. (2007)**

### 2.5.1 Generalidades de lipasas

Las lipasas (E.C. 3.1.1.3) son parte de la familia de las hidrolasas, catalizan la hidrólisis de triacilglicéridos en la interface lípido-agua. Además de su rol fisiológico en la hidrólisis de grasas neutras, las lipasas catalizan la hidrólisis o

síntesis enantio- y regio-selectiva de una amplia variedad de sustratos naturales tales como soya, aceite de pescado, ricino y frutas cítricas, así mismo pueden llevar a cabo la esterificación, interesterificación y transesterificación en medios no acuosos.

### **2.5.2 Lipasas en la industria**

Las enzimas lipolíticas han cobrado gran atención por su potencial aplicación en biotecnología. Muchas son las aplicaciones que se han encontrado para las lipasas, en la industria del aceite, la producción de farmacéuticos, agroquímicos y componentes aromáticos. Algunos de los productos manufacturados con importancia comercial a partir grasas y aceites producidos por lipasas con gran rapidez y una alta especificidad bajo condiciones controladas son los ácidos grasos poli- insaturados y jabones.

Dentro de la industria alimentaria, las lipasas, como su nombre lo indica básicamente hidrolizan lípidos produciendo ácidos grasos y glicerol, participan en reemplazo de un ácido graso esterificado por un ácido graso libre, como también en la transesterificación, que consiste en intercambiar el grupo alcoxi (RO-) de un éster por otro alcohol, este tipo de proceso es llevado a cabo para la producción de biodiesel a partir de aceite vegetal o animal.

Por otro lado la interesterificación implica el cambio al azar de los ácidos grasos en la estructura del glicerol de la grasa en presencia de una enzima (lipasa); este proceso se emplea para producir acilgliceroles modificados que no pueden obtenerse mediante química tradicional. Así, por ejemplo, se puede alterar el punto de fusión de un aceite modificando la composición y la estructura de sus triglicéridos mediante esterificación, utilizando como co-sustratos determinados ácidos grasos u otros triglicéridos de diferente composición. **SCHMID & VERGER. (1998).**

### **2.5.3 Las enzimas**

En los últimos años, la biotecnología ha experimentado grandes avances y, paralelamente sus aplicaciones industriales en la obtención de productos químicos, en la industria alimentaria y farmacéutica.

Los procesos catalizados por enzimas en la industria son cada día más numerosos, ya que presentan una serie de ventajas frente a los catalizadores convencionales no biológicos.

### **2.5.3.1 Tipos y fuentes de obtención de enzimas**

#### **2.5.3.1.1 Enzimas microbianas**

Las enzimas producidas por la fermentación de microorganismos representan aproximadamente el 90 % de todas las enzimas producidas para los procesos industriales.

#### **2.5.3.1.2 Enzimas vegetales**

La mayoría de las enzimas vegetales se encuentran disponibles en forma de polvo sin una purificación muy elevada, si bien las papaínas y bromelaínas están disponibles en estado purificado. También se encuentran disponibles líquidos de papaína de baja actividad. El aumento de la disponibilidad de las enzimas vegetales depende de diversos factores.

#### **2.5.3.1.3 Enzimas animales**

Aquí se incluyen lipasas pancreáticas y proteasas, pepsinas, estereasas pregástricas y rennets. Son producidas ultrapuras en cantidades industriales.

Las células microbianas son la fuente usual de enzimas para uso industrial para algunas de las enzimas provenientes de animales y plantas utilizadas tradicionalmente como las proteasas de la papaína, ficina y bromelaína, que se utilizan

## 2.6 Interesterificación enzimática de aceites y grasas

La industria de alimentos utiliza procedimientos de modificación química y enzimática de las grasas y aceites con el propósito de mejorar sus características organolépticas y/o nutricionales. Debido a que los procedimientos químicos presentan muchas limitaciones e inconvenientes, la aplicación de tecnologías que utilizan enzimas aparece como muy prometedora para el desarrollo de nuevos tipos de grasas y aceites. Las reacciones de interesterificación catalizadas por lipasas permiten la modificación estructural de los lípidos al cambiar en forma selectiva la composición de los triacilgliceroles bajo condiciones de reacción muy suaves y controladas. **ORC O, BUISSON P & PIERRE A (2006)**

La interesterificación es uno de los procesos que se aplica para mejorar la consistencia y utilidad de las grasas e implica la redistribución al azar de los ácidos grasos entre las moléculas de triacilglicerol de la grasa; es decir, este proceso da lugar al entremezclado de los ácidos grasos dentro de una misma molécula y de moléculas distintas de triacilgliceroles, logrando un equilibrio en el que se han formado todas las combinaciones posibles.

Las enzimas específicas de las posiciones 1 y 3 son las derivadas de *Aspergillus niger*, *Mucor javanicus*, *M. miehei*, *Rhizopus arrhizus*, *R. delemar* y *R. niveus*, usadas para efectuar intercambios en las posiciones 1 y 3. Así ha sido descrita la Interesterificación del aceite de palma, fracciones de palma y otros aceites vegetales para dar productos que pueden ser usados para fabricar margarinas con pocos o sin ácidos grasos trans. **GRACIANI (2006)**

Los principales beneficios de este proceso son:

- Productos de alta calidad
  - Se produce una grasa más natural

- No hay formación de sub-productos, no hay formación de isómeros *trans*, y sólo baja producción de di-glicéridos
- No hay cambio de color en la mezcla de grasas
- Proceso fácil y simple
- Menos operaciones unitarias que en procesos alternativos
- No hay necesidad de lavado o post-blanqueo
- No se usan productos químicos - se mejora la higiene y seguridad industriales. **ANIAME (2005.)**

### **2.6.1 Uso de la Interesterificación**

La interesterificación modifica el punto de derretimiento y el comportamiento de la cristalización de la grasa, y la grasa que resulta es ácidos grasos *trans*-libre. Un interés actual en este proceso está en la producción de ácidos grasos *trans*-libre o de ácidos grasos *trans*-bajo. Un número limitado de estudios en humanos ha demostrado que no hay ningún efecto significativo al interesterificar las grasas en los parámetros de lípidos sanguíneos.

Un proceso modificado recientemente desarrollado de interesterificación utiliza una enzima en vez del compuesto químico para catalizar la reacción. La enzima es una lipasa termoestable derivada de un microorganismo e inmovilizada en una matriz granulada, la lipasa es específica para las posiciones 1 y 3 los triacilgliceroles, su uso da lugar a una grasa que se seleccione al azar parcialmente más bien que se seleccione al azar totalmente, como ocurre con el uso del metóxido de sodio. Una ventaja del interesterificación enzimática es que es un proceso continuo, en contraste al interesterificación química que es un proceso discontinuo. El proceso enzimático continuo permite una integración mejor con operaciones de planta.

Otra ventaja del proceso enzimático es que funciona en una temperatura más baja, comparado con la usada para el proceso químico. La temperatura más baja reduce costes energéticos y es libre de residuos en el proceso respetando el medio ambiente. **LÓPEZ (2005)**

### **2.6.2 Contenido de Sólidos en las grasas**

El contenido de grasa sólida es utilizado para especificar las aplicaciones mas indicadas de una grasa o mezcla de grasas, de un determinado producto. Este parámetro es normalmente determinado por la resonancia magnética nuclear y se relaciona con la consistencia de la grasa le da a algunos productos como margarinas y mantecas una consistencia sólida/semisólida sin necesidad de hidrogenación. En un proceso de hidrogenación parcial se forman ácidos grasos trans, que tienen un efecto negativo en la salud.

En una grasa se puede determinar la porción del material sólido y líquido estas dos fracciones constituyen. La fracción sólida se reporta como el contenido de sólidos grasos.

## **2.6 El babaco**

Es originaria de las zonas altas de Ecuador y Colombia, en forma natural, se encuentra desde hace varios decenios en los valles abrigados del callejón interandino y lugares secos de la costa, es un híbrido natural proveniente de las especies *Carica stipulata* B. (toronche) y *C. pubescens*. (Chamburo). Esta especie debe establecerse en zonas donde no exista una presencia fuerte de vientos y heladas.

Para diversificar cultivos, varios especialistas de Nueva Zelanda viajaron en 1973 al nuestro país y fundaron la Asociación del Babaco (1980). Este cultivo se introdujo a Italia en 1985, a Francia en 1987, en España hay plantaciones comerciales desde 1989, en los Estados Unidos existen cultivos del Babaco

bajo invernadero específicamente en California, en el Reino Unido en Guernsey, además de Israel y en Nueva Zelanda. **FALCONI C. y BRITO, D. (1998)**

### **2.7.1 Usos**

El babaco además de tener un sabor agradable y refrescante, protege al sistema digestivo por su alto contenido de fibras y carbohidratos y por su alto contenido de vitamina C. Se consume generalmente cocido en conserva y en salsa, en ensalada de frutas, helados, jugos y sorbetes. Además en forma de postres, mermeladas, bizcochos, en platos de carne con jamón, tocino y queso ó simplemente refrigerado al natural.

El babaco presenta excelentes características para su industrialización por no poseer semillas y por poseer cascara delgada, de forma tal que no se daña el producto final. Uno de los procesos inmediatos para aprovechar excedentes de producción, es la obtención de pulpa deshidratada para uso industrial sin restarle importancia a otras formas de consumo.

La planta es potencialmente rica en pectina y papaína que son productos de gran interés y demanda industrial. Se le han calculado rendimientos del 4.6 % con base en pectina y se ha logrado obtener papaína pura con actividad proteolítica de 8.1 unidades (unidades/mg de papaína cruda necesaria para coagular 10 cc, de caseína a 40 °C en 1 minuto).

La papaína es de gran demanda en el mercado nacional e internacional por su utilización en salsamentaría, cosmetología, textilería, fotografía, cervecería y curtimbres. Una hectárea de babaco puede producir de 300 a 400 Kg de papaína. **BERNAL (1990)**

### **2.7.2 Composición química del babaco**

Composición química y valor energético del alimento por 100 g de la parte comestible.

**Cuadro 2. Composición química de la parte comestible del babaco**

<b>Compuesto</b>	<b>Cantidad en /100 g de fruta</b>
Proteína	0.9
Carbohidratos	6
Fibra	0.7
Grasa	0.2
Agua	93

**Fuente:** Carlos Falconí y Dennis Brito M.

**2.7.2.1 Composición bromatológica del fruto del babaco**

**Cuadro 3. Composición bromatológica del babaco**

<b>Elementos y Sustancias</b>	<b>Cantidad en mg. / 100 g. de Fruta</b>
Sodio	1.3
Potasio	220
Calcio	12
Fósforo	17
Azufre	12
Riboflavina	0.03
Carotenos	0.09
Tiamina	0.02

Piridoxina	0.05
Ácido Ascórbico	31
Calorías	8

---

**Fuente:** Carlos Falconí y Dennis Brito M.

### **2.7.3 El babaco posee enzimas de gran interés industrial**

Investigadores del departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología de la Escuela Politécnica Nacional de Quito (EPN) ven en el babaco, fruta todavía exótica en el mercado internacional, una excelente posibilidad para cambiar la economía de cientos de productores ecuatorianos y una nueva alternativa comercial demandada por la industria alimenticia.

Como fuente interesante de enzimas proteolíticas y lipolíticas, entre otras, consideradas muy importantes para la purificación y utilización de proteínas y grasas, esta fruta autóctona adquiere mucho interés industrial, pues actúan como catalizadores de procesos metabólicos.

Las propiedades físicas, químicas y nutricionales de las grasas y aceites no dependen solamente de su composición en ácidos grasos sino también de su distribución en la estructura del triglicérido. Las lipasas son capaces de transformar las características de las grasas y aceites consiguiendo una modificación de la estructura de los triglicéridos, obteniendo como producto final un lípido estructurado.

Las lipasas vegetales del babaco, serían enzimas mucho más apetecidas en la industria que aquellas obtenidas de otras fuentes, por su menor costo y sus mejores propiedades. El látex que se extrae del fruto contiene enzimas que hidrolizan o rompe la cadena de las proteínas haciéndolas más asimilables para nuestro organismo. **FALCONI C. y BRITO, D. (1998)**

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación y duración del experimento**

La presente investigación se realizará en la fábrica “Epacem s.a.” ubicado en la vía Quinindé-Esmeraldas Km 7 1/2, margen derecho Provincia Santo Domingo de los Tsachilas Cantón Santo Domingo, geográficamente se encuentra a 557 msnm; de altitud, 79º.19’ de Longitud 25º de Latitud. La recolección y preparación de muestras del aceite de palma y látex de babaco se lo realizara en el Sector de las Brisas del Colorado sector 2  
La duración del experimento es de dos meses aproximadamente.

#### **3.2 Condiciones Meteorológicas**

**Cuadro 4. Condiciones meteorológicas del Cantón Santo Domingo**

<b>Parámetros</b>	<b>Promedios</b>
Temperatura	24.15 °C
Clima	Subtropical
Heliofania (hora/sol/año)	615.46
Humedad Relativa	87.83 %
Precipitación Anual(mm)	2701.9
Topografía	Irregular

**Fuente:** anuários inamhi santo domingo

### **3.3 Materiales y Equipos**

Los materiales y equipos que se utilizaron fueron los siguientes:

#### **Equipos de laboratorio**

- Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer (1)
- Ultra-termostato (1)
- Batidora oster (1)
- Balanza Analítica capacidad 160 g (1)
- Balanza analítica capacidad 6000 kg (1)
- Bomba de agua (1)
- Cronometro(1)
- Calentador de agua(1)

#### **Materiales de laboratorio**

- Recipiente de acero inoxidable con serpentín de 1000ml (1)
- Vasos de metal 250 ml (24)
- Termómetros de 100 °C (1)
- Termómetros de 150 °C (1)
- Tubos de vidrio 10 mm de minispec (24)

## **Reactivos**

- Látex de babaco (216 g)
- Alcohol industrial (4 lt)
- Agua (3 lt.)

## **Materia prima**

- Aceite de palma (21.60 Kg)

## **Otros**

- Material de escritorio y oficina

### **3.4. Factores y niveles de estudio**

Los factores y niveles de estudio que intervienen en el presente trabajo de investigación son los siguientes.

**Factor A:** 50 °C Temperatura

60 °C Temperatura

**Factor B:** 8 Horas

16 Horas

**Factor C:** 0.33 % Látex

0.66 % Látex

Al combinar los tres factores (AxBxC) tenemos ocho tratamientos y se muestran en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Tratamientos para la modificación y evaluación de sólidos del aceite de palma**

Tratamientos	Combinación	Simbología
T1	a1b1c1	[T1] [t1] [L1]
T2	a1b1c2	[T1] [t1] [L2]
T3	a1b2c1	[T1] [t2] [L1]
T4	a1b2c2	[T1] [t2] [L2]
T5	a2b1c1	[T2] [t1] [L1]
T6	a2b1c2	[T2] [t1] [L2]
T7	a2b2c1	[T2] [t2] [L1]
T8	a2b2c2	[T2] [t2] [L2]

Cada uno de los tratamientos tendrá tres repeticiones

### 3.5 Unidades Experimentales

El proceso de modificación del contenido de sólidos del aceite de palma mediante la interesterificación con el látex del babaco.

**Cuadro 6. Descripción de las unidades experimentales**

Tratamientos	Unidades experimentales	Repeticiones	Interesterificación Horas	Sólidos Horas
T1	3	3	24	3
T2	3	3	24	3
T3	3	3	48	3
T4	3	3	48	3
T5	3	3	24	3
T6	3	3	24	3
T7	3	3	48	3
T8	3	3	48	3
Total	24	24	288	24

Total de muestra a utilizada: 21600 gr.

### 3.6 Diseño experimental

Para esta investigación se utilizó un experimento factorial  $A \times B \times C$ , bajo un diseño en bloques completamente aleatorio (DBCA), compuesto de ocho tratamientos y tres replicas.

### 3.6.1 Análisis estadístico

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante el análisis de varianza. Para el establecimiento de rangos, los promedios de los tratamientos fueron contrastados mediante la prueba de significación Tukey al 5 % de confianza.

### 3.6.2 Análisis de la varianza (ADEVA)

El esquema del análisis de la varianza se indica en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para un experimento factorial  $A \times B \times C$  bajo un DBCA**

Fuente de Variación	Fórmulas	g.l
Tratamientos	$t-1$	7
Repeticiones	$r-1$	2
A (Temperatura)	$a-1$	1
B (Tiempo)	$b-1$	1
C (Porcentaje de látex)	$c-1$	1
A x B	$(a-1)(b-1)$	1
A x C	$(a-1)(c-1)$	1
B X C	$(b-1)(c-1)$	1
A x B x C	$(a-1)(b-1)(c-1)$	1
Error	$(abc-1)(r-1)$	14
Total	$abcr-1$	23

## **3.7 Mediciones Experimentales**

### **3.7.1 Sólidos**

Se determinó contenido de grasa sólida. Se usó un equipo de resonancia magnética nuclear. Minispec Modelo: Mq 20, equipado con tubos de medición de vidrio de 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud se utilizaron tapones de algodón. Así como un ultratermostato Polyscience Power con gradillas de porta tubos, se programó a la temperatura deseada, con una variación de  $\pm 0.1$  °C. Se empleó el método Según instructivo para el uso The Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer. Código INSTEC 2, laboratorio de control de calidad uso interno de EPACEM S.A.

## **3.8 Costos y beneficios**

### **3.8.1 Costos Totales**

Para determinar el costo total para la modificación del aceite de palma, se sumaron los costos variables como son: materia prima, mano de obra directa, envases detergente, más los costos fijos como: depreciaciones de equipos, maquinaria, y suministros.

Para determinar los costos se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT = CF + CV$$

CT= Costo Total

CF= Costos Fijos

CV= Costos Variables

### 3.8.2 Ingreso Bruto

Para calcular los ingresos se empleó la siguiente fórmula:

$$IB= Y \times Py$$

IB= Ingreso bruto

Y= Producto

Py= Precio del producto

### 3.8.3 Beneficio Neto

Los beneficios netos se calcularon aplicando la siguiente fórmula:

$$BN= IB-CT$$

BN= beneficio neto

IB= Ingreso bruto

CT= Costo total

La rentabilidad se calculó restando de los ingresos que se obtuvieron de la venta un envase de 900 gr. de aceite modificado menos los costos totales de producción del mismo, datos con los cuales se pudo obtener el índice de la relación beneficio-costo mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$R(B/C)= \left[ \frac{IT}{CT} \right]$$

R B/C = Relación beneficio costo

IT = Ingreso total

CT = Costo total

## 3.9 Manejo experimental

El aceite de palma se adquirió en la empresa Epacem S.A y el babaco se compro en el mercado municipal de Santo Domingo de los Tsachilas.

### **3.9.1 Procedimiento experimental**

**T1:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 50 °C, luego se adicionó 2.97 g de látex de babaco (0.33 %), se agitó la muestra con una batidora oster en la menor velocidad durante 8 horas, se tomo 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, luego con un papel filtro se procedió a filtrar, se coloco 4 g en los tubos de vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra, se tapo con tapones de algodón.

**T2:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 50 °C, luego se adicionó 5.94 g de látex de babaco (0.66 %), se agitó la muestra durante 8 horas, se tomó 20 g de muestra y se calentó a 130 °C. Luego con un papel filtro se procedió a filtrar, se colocó 4 g en los tubos de vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer., se procedió a rotular el tubo con la muestra, se tapo con tapones de algodón.

**T3:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 50 °C, luego se adicionó 2.97 g de látex de babaco (0.33 %), se agitó la muestra durante 16 horas, se tomó 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, luego con un papel filtro se procedió a filtrar se colocó 4g en los tubos de vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud, para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra, se tapo con tapones de algodón.

**T4:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 50 °C, luego se adiciono 5.94 g de látex de babaco (0.66 %), se agito la muestra durante 16 horas se tomo 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, luego con un papel filtro se procedió a filtrar, se coloco 4 g en los tubos de

vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra se tapo con tapones de algodón.

**T5:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 60 °C, luego se adicionó 2.97 g de látex de babaco (0.33 %) se agitó la muestra durante 8 horas se tomo 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, Luego con un papel filtro se procedió a filtrar se colocó 4g en los tubos de vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra se tapo con tapones de algodón.

**T6:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 60 °C, luego se adicionó 5.94 g de látex de babaco (0.66 %), se agitó la muestra durante 8 horas se tomo 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, luego con un papel filtro se procedió a filtrar se colocó 4g en los tubos de vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra se tapo con tapones de algodón.

**T7:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 60 °C, Luego se adicionó 2.97 g de látex de babaco (0.33 %), se agitó la muestra durante 16 horas, se tomó 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, luego con un papel filtro se procedió a filtrar se colocó 4 g en los tubos de vidrio 10 mm de diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra se tapo con tapones de algodón.

**T8:** Se calentó la muestra en el recipiente de acero inoxidable con serpentín a 60 °C, luego se adicionó 5.94 g de látex de babaco (0.66 %) se agitó la muestra durante 16 horas, se tomo 20 g de muestra y se calentó a 130 °C, luego con un papel filtro se procedió a filtrar se colocó 4 g en los tubos de vidrio 10 mm de

diámetro y 189 mm de longitud para minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se procedió a rotular el tubo con la muestra se tapo con tapones de algodón.

### **3.9.2 Técnica experimental para la determinación de sólidos**

En el recipiente de acero inoxidable con serpentín se calentó el agua destilada a 65 °C. Se colocó las muestras por 20 minutos, se adiciono al ultra-termostato 4 litros de alcohol industrial y 3 litros de agua se reguló a 0 °C se introdujo las muestras por 20 minutos.

Se calibro el ultra-termostato a 10 °C colocar las muestras por 20 minutos se retiro y secó los tubos e introducir en el equipo Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se registro la lectura.

Se colocó el ultra-termostato a 20 °C se sumergió las muestras por 20 minutos, se retiro y secó los tubos y se introdujo en el equipo Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se registro la lectura

Se reguló el ultra-termostato a 30 °C se metió las muestras por 20 minutos se retiró y secó los tubos e introducir en el equipo Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se registro la lectura

Situar el ultra-termostato a 35 °C se introdujo las muestras por 20 minutos se retiro y secó los tubos e introducir en el equipo Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se registro la lectura, se colocó el ultra-termostato a 40 °C se introdujo las muestras por 20 minutos, se retiro y secó los tubos e introducir en el equipo Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer, se registro la lectura.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Resultados de los análisis de sólidos**

Los resultados obtenidos en las variables: sólidos relacionados con el proceso de modificación de aceite de palma fueron los siguientes:

#### **4.1.1 Sólidos del aceite de palma a 10 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer**

Los promedios de sólidos del aceite de palma a 10 °C en el Minispec (Cuadro 8) muestran diferencias estadísticas dentro de los niveles de los factores B y C excepto en el A.

En el factor A (Temperatura), el promedio del nivel a2 (Temperatura 60 °C) tiene 47,97 % y el a1 (Temperatura 50°C) 47,65 %.

En el factor B (Tiempo), el valor más alto lo consiguió el nivel b1 (8 horas) con 47,83 % de sólidos y el más bajo lo tiene el nivel b2 (16 horas) con 47,79 %.

En el factor C (Porcentaje de látex), el c1 (látex 0,33 %) tiene el mayor porcentaje de sólidos 48,14 % y el menor en el nivel c2 (látex 0,66 %) con 47,48 %.

Respecto a las combinaciones AxB, BxCy AxBxC, existe interacción significativa (Anexo 1)

De las combinaciones (Tratamientos), se desprende el T3 (Temperatura 50 °C, tiempo 16 horas, látex 0.33 %) alcanzó el porcentaje más alto de sólidos 49,30 % y el más bajo el T8 (Temperatura 60 °C, tiempo 16 horas, látex 0.66 %) con 46,58 %.

**Cuadro 8. Porcentaje de sólidos a 10 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**

Factores	Simbología	Promedio (%)
A (Temperatura)	a1	47,65b
	a2	47,97a
B (Tiempo)	b1	47,83a
	b2	47,79b
C (Porcentaje de látex)	c1	48,14a
	c2	47,48b
AxBxC (Tratamientos)		
T1	a1b1c1	46,59b
T2	a1b1c2	48,06b
T3	a1b2c1	49,30a
T4	a1b2c2	46,66b
T5	a2b1c1	48,05a
T6	a2b1c2	48,62a
T7	a2b2c1	48,62b
T8	a2b2c2	46,58b
*CV (%)		0,62

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente según TuKey al 5 % de confianza

\*CV: Coeficiente de variación

#### 4.1.2 Sólidos del aceite de palma a 20 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer

En el cuadro 9, se indica diferencias estadísticas entre los niveles de los factores A, B y C.

En el factor A (Temperatura), el valor promedio del nivel a1 (Temperatura 50 °C) que tiene 18,2 % es el mayor y el nivel a2 (Temperatura 60 °C) 17,7 % el menor.

En el factor B (Tiempo), el valor más alto presenta el nivel b2 (16 horas) con 18,26 % y el más bajo está en el nivel b1 (8 horas) con 17,68 %.

Respecto al factor C (Porcentaje de látex), el nivel c2 (látex 0,66 %) es 18,08 % que es superior al nivel c1 (látex 0,33 %) que alcanzo 17,86 %.

En las combinaciones AxB, AxC, BxC y AxBxC, existe interacción significativa (Anexo 2).

Los tratamientos muestran diferencias estadísticas en los sólidos del aceite de palma a 20 °C en el Minispec, en el T3 (Temperatura 50 °C, tiempo 16 horas, látex 0.33 %) presenta 22,37 % que es el valor superior en sólidos mientras que el T1 (Temperatura 50 °C, tiempo 8 horas, látex 0.33 %) el inferior con 15,01 %.

**Cuadro 9. Porcentaje de sólidos a 20 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**

Factores	Simbología	Promedio (%)
A (Temperatura)	a1	18,20a
	a2	17,74b
B (Tiempo)	b1	17,68b

	b2	18,26a
C (Porcentaje de latex)	c1	17,86b
	c2	18,08a
AxBxC (Tratamientos)		
T1	a1b1c1	15,01b
T2	a1b1c2	18,80b
T3	a1b2c1	22,37a
T4	a1b2c2	16,62b
T5	a2b1c1	16,55b
T6	a2b1c2	20,33b
T7	a2b2c1	17,49b
T8	a2b2c2	16,56b
*CV (%)		2,42

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de confianza

\*CV: Coeficiente de variación

#### 4.1.3 Sólidos del aceite de palma a 30 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer

Los promedios de sólidos del aceite de palma a 30 °C en el Minispec (Cuadro 10) presentan diferencias estadísticas dentro de los niveles de los factores B y C excepto en el A.

En el factor A (Temperatura), el promedio del nivel a2 (Temperatura 60 °C) tiene 5,17 % y el a1 (Temperatura 50 °C) 4,97 %.

Respecto al factor B (Tiempo), el valor más alto está en el nivel b2 (16 horas) con 5,66 % de sólidos y el más bajo el nivel b1 (8 horas) con 4,48 %.

En el factor C (Porcentaje de látex), el c1 (látex 0,33 %) tiene el mayor porcentaje de sólidos 5,44 % y el menor en el nivel c2 (látex 0,66 %) en 4,70 %.

En las interacciones AxB, AxC y BxC, existen diferencia significativa (Anexo 3) De las combinaciones (Tratamientos), el T3 (Temperatura 50 °C, tiempo 16 horas, látex 0.33 %) alcanzó el porcentaje más alto de sólidos 8,51 % y el más bajo el T1 (Temperatura 60 °C, tiempo 16 horas, látex 0.66 %) con 3,37 %.

**Cuadro 10. Porcentaje de sólidos a 30 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**

Factores	Simbología	Promedio (%)
A (Temperatura)	a1	4,97b
	a2	5,17a
B (Tiempo)	b1	4,48b
	b2	5,66a
C (Porcentaje de látex)	c1	5,44a
	c2	4,70b
AxBxC (Tratamientos)		
T1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	3,37b
T2	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	3,92b
T3	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	8,51a
T4	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	4,07b
T5	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	4,24b
T6	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> c <sub>2</sub>	6,40b
T7	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>1</sub>	5,64b
T8	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> c <sub>2</sub>	4,40b
*CV (%)		14,34

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente según Tukey al 5 % de confianza

\*CV: Coeficiente de variación

#### **4.1.4 Sólidos del aceite de palma a 35 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer**

En el cuadro 11, se indica diferencias estadísticas entre los niveles de los factores A, B y C.

En el factor A (Temperatura), el valor promedio del nivel a1 (Temperatura 50 °C) que es 3,14 % el mayor y el nivel a2 (Temperatura 60 °C) 3,12 % el menor. En el factor B (Tiempo), el valor más alto presenta el nivel b2 (16 horas) con 3,26 % y el más bajo está en el nivel b1 (8 horas) con 2,99 %.

Respecto al factor C (Porcentaje de látex), el nivel c1 (látex 0,33 %) es 3,22 % que es superior al nivel c2 (látex 0,66 %) con 3,04 %.

En las combinaciones AxB, AxC, BxC y AxBxC, existe interacción significativa

(Anexo 4).

Los tratamientos indican diferencias estadísticas en los sólidos del aceite de palma a 35 °C en el Minispec, en el T3 (Temperatura 50 °C, tiempo 16 horas, látex 0.33 %) presenta 5,39 % que es el valor superior en sólidos mientras que el T1 (Temperatura 50 °C, tiempo 8 horas, látex 0.33 %) el inferior con 1,54 %.

**Cuadro 11. Porcentaje de sólidos a 35 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**

Factores	Simbología	Promedio (%)
A (Temperatura)	a1	3,14a
	a2	3,12b
B (Tiempo)	b1	2,99b
	b2	3,26a
C (Porcentaje de látex)	c1	3,22a
	c2	3,04b
AxBxC (Tratamientos)		
T1	a1b1c1	1,54b
T2	a1b1c2	3,60b
T3	a1b2c1	5,39a
T4	a1b2c2	2,02b
T5	a2b1c1	2,39b
T6	a2b1c2	4,44b
T7	a2b2c1	3,54b
T8	a2b2c2	2,09b
*CV (%)		9,19

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente según TuKey al 5% de confianza

\*CV: Coeficiente de variación

#### 4.1.5 Sólidos del aceite de palma a 40 °C en el Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer

Los promedios de sólidos del aceite de palma a 40 °C en el Minispec (Cuadro 12) presentan diferencias estadísticas dentro de los niveles de los factores B y C excepto en el A.

En el factor A (Temperatura), el promedio del nivel a1 (Temperatura 50 °C) tiene 1,70 % y el a2 (Temperatura 60 °C) 1,33 %.

Referente al factor B (Tiempo), el valor más alto está en el nivel b2 (16 horas) con 1,71 % de sólidos y el más bajo el nivel b1 (8 horas) con 1,32 %.

En el factor C (Porcentaje de látex), el c1 (látex 0,33 %) tiene el mayor porcentaje de sólidos 1,55 % y el menor en el nivel c2 (látex 0,66 %) en 1,48 %.

Las combinaciones AxB, AxC, BxC y AxBxC, existe interacción significativa (Anexo 5)

De las combinaciones (Tratamientos), el T3 (Temperatura 50 °C, tiempo 16 horas, látex 0.33 %) alcanzó el porcentaje más alto de sólidos 3,38 % y el más bajo el T1 (Temperatura 60 °C, tiempo 16 horas, látex 0.66 %) con 0,59 %.

**Cuadro 12. Porcentaje de sólidos a 40 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**

Factores	Simbología	Promedio (%)
A (Temperatura)	a1	1,70a
	a2	1,33b
B (Tiempo)	b1	1,32b
	b2	1,71a
C (Porcentaje de latex)	c1	1,55a
	c2	1,48b
AxBxC (Tratamientos)		
T1	a1b1c1	0,59b

T2	a1b1c2	1,80b
T3	a1b2c1	3,38a
T4	a1b2c2	1,02b
T5	a2b1c1	0,70b
T6	a2b1c2	2,20b
T7	a2b2c1	1,52b
T8	a2b2c2	0,91b
*CV (%)		19,81

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente según TuKey al 5% de confianza

\*CV: Coeficiente de variación

## 4.2 Costos y rentabilidad

### 4.2.1 Costos totales

En la presente investigación el análisis económico se lo realizó con objetivo de determinar el costo de modificación del aceite en todos los tratamientos, estos gastos se derivan de materiales y equipos, materiales directos, mano de obra directa, materiales indirectos, depreciación de equipos utilizados en el proceso y suministros.

El costo total se puede observar en el cuadro 13, los tratamientos que presentaron el costo más bajo son los T1 (Temperatura 50 °C, tiempo 8 horas, látex 0.33 %) y T5 (Temperatura 60 °C, tiempo 8 horas, látex 0.33 %) (\$ 15,05) y en cambio el T8 (Temperatura 60 °C, tiempo 16 horas, látex 0.66 %) (\$ 19,69) aumenta el costo. Pero los costos de todos los tratamientos no presentan una amplia diferencia entre ellos.

### 4.2.2 Relación Beneficio-Costo

Todos los tratamientos presentan similar beneficio - costo presentan una rentabilidad baja pero sobresale el T1 y T5 con \$ 1,20 y el más bajo T4 y T8 \$ 0,92.



**Cuadro 13. Costos e Ingresos y Rentabilidad en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**

COSTOS VARIABLES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Aceite de palma	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Latex de babaco	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00
Mano de obra directa	2,64	2,64	5,28	5,28	2,64	2,64	5,28	5,28
Botellas	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Detergente	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Alcohol industrial	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
<b>SUBTOTAL</b>	<b>9,91</b>	<b>11,91</b>	<b>12,55</b>	<b>14,55</b>	<b>9,91</b>	<b>11,91</b>	<b>12,55</b>	<b>14,55</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>								
Depreciación de equipos y maquinarias	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98	3,98
Suministros	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
<b>SUBTOTAL</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>	<b>5,14</b>
<b>COSTO TOTAL/TRATAMIENTO</b>	<b>15,05</b>	<b>17,05</b>	<b>17,69</b>	<b>19,69</b>	<b>15,05</b>	<b>17,05</b>	<b>17,69</b>	<b>19,69</b>
<b>COSTO/botellas de 900 gr.</b>	<b>15,00</b>	<b>17,00</b>	<b>17,64</b>	<b>19,63</b>	<b>15,00</b>	<b>17,00</b>	<b>17,64</b>	<b>19,63</b>
<b>INGRESOS</b>								
Unidades. Producidas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Precio de venta / 900 gr.	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Ingreso bruto	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05
Beneficio Neto	3,01	1,00	0,36	-1,64	3,00	1,00	0,36	-1,64
<b>RELACION B/C</b>	<b>1,20</b>	<b>1,06</b>	<b>1,02</b>	<b>0,92</b>	<b>1,20</b>	<b>1,06</b>	<b>1,02</b>	<b>0,92</b>

## V. DISCUSIÓN

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la presente investigación durante el proceso de modificación de sólidos en el aceite de palma adición de látex de babaco se encontró diferencia significativa en los parámetros siguientes.

### 5.1 Sólidos

Los valores de sólidos en el aceite de palma el T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7 presenta una variación en las temperaturas: 20, 30, 35 y 40 °C (Ver cuadro 8, 9, 10, 11 y 12), el T8 (Temperatura 60 °C, tiempo 16 horas, látex 0.66 %) presenta el menor valor a 10 °C considerando la calibración del equipo analizador (Minispec).

La relación beneficio-costos es distinta entre tratamientos quedando con la mayor rentabilidad (\$ 1.20) el T1 y T5 mientras que presenta menor beneficio en el T4 y T8 con (\$ 0,92). La razón para que el beneficio-costos no sea representativo es por que la obtención de la materia prima es costosa en especial el sustrato o látex de babaco.

## VI. CONCLUSIONES

### 6.1 Sólidos

- Según los resultados se concluye que el contenido de grasa sólida del aceite de palma se logró una disminución considerable en el tratamiento 1, ya que según las interacciones existe diferencia significativa.
- Se concluye también que la temperatura es de mucha importancia ya que un exceso de la misma sería la causa fundamental para que los sustratos enzimáticos en este caso el látex de babaco disminuya la actividad esta no debe pasar los 60 °C
- El tiempo de agitación y los porcentajes de látex de babaco son parámetros que deben tener un control minucioso para obtener los resultados deseados de la investigación en este caso es de 8 horas y el porcentaje de 0.33 %.
- En lo que se refiere a costos se hace referencia a nivel de laboratorio para obtener una botella de 900 g de este aceite tendría un valor de 18.00 dólares de Norteamérica.
- Tomando en consideración los resultados de esta investigación se acepta la hipótesis alternativa que dice al menos uno de estos factores: el tiempo, la temperatura y el látex de babaco en la interesterificación influyen de mejor manera en el contenido de sólidos del aceite de palma.
- En lo que al impacto ambiental se refiere esta investigación no afecta ya que se utiliza en un sustrato enzimático de origen vegetal y que forma parte de una fruta comestible y la formación de aguas residuales es la mínima.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el tratamiento 1 como una alternativa en procesos de pruebas en obtener aceites modificados con menor contenido de sólidos y que podían ser utilizados en la elaboración de margarinas
- Se debe realizar un estudio minucioso de la actividad enzimática del látex obtenido del babaco y determinar la cantidad de la enzima lipasa presente.
- Es importante utilizar para pruebas de laboratorio sustratos de origen vegetal aprovechando el alto contenido de enzimas para obtener alimentos o grasas modificadas saludables para los humanos.
- Combinar una investigación utilizando enzimas de origen microbiano y vegetal para comparar resultados obtenidos a nivel de laboratorio.
- Controlar las temperaturas de reacción de interesterificación, evitando así una disminución de la capacidad de reacción enzimática del sustrato

## VIII. RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar el contenido de sólidos en el aceite de palma mediante la interesterificación utilizando el látex del babaco.

En América el Ecuador es el segundo productor de Palma Africana, el cuarto exportador de Aceite de Palma Africana y el segundo consumidor a nivel Industrial.

Este aceite de origen vegetal obtenida del mesocarpio de la fruta de la palma *Elaeis (E. guineensis)*, es considerado como el segundo más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soya. El aceite crudo de palma es rica fuente de vitamina A y posee cantidades de vitamina E. y aplicando técnicas de modificación adecuadas permite obtener una amplia variedad de productos para la industria de alimentos, entre los cuales se encuentran los aceites de cocina, mantecas, bases para margarinas (grasa vegetal sustituto de la mantequilla en la cocina) y para la industria oleo-química, materias primas para la fabricación de jabón, jabones metálicos, velas y grasas lubricantes.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de La empresa Epacem s.a, localizado en el kilómetro 7 ½ de la vía Santo Domingo- Quinindé, en el cantón Santo Domingo de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. La recolección y preparación de muestras del aceite de palma y látex de babaco se realizó en el Barrio Brisas del Colorado sector 2.

Se utilizó un diseño experimental de AxBxC con 8 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, los cuales se someten a dos niveles de Temperatura (factor A), los periodos de Tiempo (factor B) y los porcentajes de látex: (factor C).

Una vez culminado todos los tratamientos de modificación de aceite de palma se procedió a realizar un análisis proximal de sólidos

Se recomienda en futuras investigaciones en la modificación de grasas o aceites utilizar enzimas de origen vegetal ya que estas evitarían la formación de ácidos grasos trans tomando en cuenta la temperatura 50 °C, un tiempo de reacción como máximo 8 horas y un porcentaje de sustrato o látex del 0.33 % .

Luego de realizar los respectivos análisis de costo en la producción de este tipo de productos y debido al alto costo en la producción de enzimas es de \$ 18.00 por envase de 900 g

## IX. SUMMARY

This research aims to evaluate the overall solids content of palm oil by interesterification using latex babaco.

In America, Ecuador is the second largest producer of African palm, the fourth largest exporter of palm oil and the second consumer to industrial level.

This vegetable oil obtained from the fruit mesocarp of *Elaeis palm* (*E. guineensis*), is considered the second most widely produced second only to soybean oil. Crude palm oil is rich source of vitamin A and have amounts of vitamin E. and applying appropriate modification techniques allows for a wide variety of products for the food industry, among which are the cooking oils, shortenings, margarine bases (vegetable fat substitute for butter in the kitchen) and for oil industry chemistry, raw materials for the manufacture of soap, metal soaps, candles and grease.

This study was conducted in the laboratory of the company Epacem sa, located in the 7 ½ mile road-Quinindé Santo Domingo, Santo Domingo in the canton of the province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The sample collection and preparation of palm oil and latex babaco was held at the Colorado Barrio Brisas del sector 2.

We used an experimental design AxBxC with 8 treatments and 3 replications per treatment, which are subject to two levels of temperature (factor A), periods of time (factor B) and the percentages of latex: (factor C).

Upon completion of all processing of palm oil change was performed proximal analysis of solids

It recommended further research on the modification of fats and oils using enzymes of plant origin and that these would prevent the formation of trans fatty acids by taking into account the temperature 50 °C, reaction time than 8 hours and a percentage of substrate or latex 0.33 %.

After performing the respective analysis of cost in the production of these products and because of the cost of enzyme production is \$ 18.00 per pack 900g

## X. BIBLIOGRAFIA

- Aniame. (2005). Interesterificación enzimática de aceites y grasas, consultado el; 12 de Marzo del 2009. Disponible en: [Portal.Aniame.com/articulo](http://Portal.Aniame.com/articulo)
- Banco Central del Ecuador-Ancupa. (2006) Consultado el 25 enero 2009 disponible en: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)
- BERNAL, F. & Piedrahita R. (1990). Introducción y Estudio Fenológico del Babaco. Tesis Universidad Nacional de Colombia Seccional Medellín.
- BUSTAMANTE, A. 2001. Seminario palma aceitera e industria oleoquímica. Caracas. Universidad Central de Venezuela. Comisión de Estudios Interdisciplinarios. p. 4-6.
- ETSIA. (2003) Grasas y aceites. Consultado el 15 marzo del 2009. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/grasasyaceites.palma.htm>
- Falconí, C. & Brito D. El babaco. Consultado el; 25 enero del 2010. Disponible en: [www.sica.gov.ec/agronegocios/productos para invertir/frutas/ babaco.html](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/babaco.html)
- FAO. (2006). Palma de aceite. Consultado el; 16 febrero 2009 Disponible en: <http://www.fao.org/inpho/content/documents>.
- GRACIANI, C. (2006) Los Aceites y Grasas Composición y Propiedades. Ediciones Mundi-Prensa. Primera Edición Sevilla- España – Pg. 266
- Idrobo, P. (2002). Mercado de la Palma Africana. Consultado el; 3 de Febrero del 2009, disponible en: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)
- LOPEZ, M. (2005). Niveles dietéticos de ácidos `trans.` Consultado el; 2 de marzo del 2009. Disponible en: [www.consumer.es/seguridad alimentaria/ciencia y tecnología](http://www.consumer.es/seguridad%20alimentaria/ciencia%20y%20tecnologia)

- Orc O, Buisson P & Pierre A. (2006). R Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 42 pp 106–113
- Rivera, C. García, F. (2007). Enzimas Lipolíticas y su Aplicación en la Industria del Aceite. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, A.P. 128.
- Salas, R. (1976). La Palma Aceitera Africana (*Elaeis guineensis* J.) Facultad de Agronomía, UCV
- Schmid, RD. & Verger, R. (1998). Lipases: Interfacial enzymes with attractive application. *Angew. Chem. Int. Ed.* 37: 608-633.
- Saltos, A. (1993). Diseño Experimental Editorial Pio XII Ambato-Ecuador Pg. 66
- Sotero, V& Ferraz R. (2001) Revista de tecnología e higiene de los alimentos  
Contenido de grasas sólidas de las mezclas binarias y ternarias de aceite de palma, aceite de semilla de palma y triacilgliceroles de cadena media Ediciones y Publicaciones Alimentarias, EYPASA Pág. 47-54
- Sundram y col. (2007). Citado en [www.aocs.org/news/story.asp](http://www.aocs.org/news/story.asp))

# **ANEXOS**

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 10 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	F Calculado	F tabla 5%
Tratamientos	7	23,86	3,41	38,96*	2,77
Repeticiones	2	0,03	0,01	0,17ns	3,74
A (Temperatura)	1	0,59	0,59	6,73*	4,60
B (Tiempo)	1	0,01	0,01	0,11ns	4,60
C (Porcentaje de látex)	1	2,60	2,60	29,72*	4,60
A x B	1	2,88	2,88	32,97*	4,60
A x C	1	0,03	0,03	0,35ns	4,60
B X C	1	16,90	16,90	193,19*	4,60
A x B x C	1	0,84	0,84	9,64*	4,60
Error	14	1,22	0,09		
Total	23	25,11			
CV %	0,62				

\*: Diferencia significativa

ns: no significativa

CV: Coeficiente de variación

**Anexo 2. Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 20 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	F calculado	F tabla 5%
Tratamientos	7	121,20	17,31	91,53*	2,77
Repeticiones	2	0,30	0,15	0,78ns	3,74
A (Temperatura)	1	1,31	1,31	6,91*	4,60
B (Tiempo)	1	2,07	2,07	10,92*	4,60
C (Porcentaje de látex)	1	0,29	0,29	1,56ns	4,60
A x B	1	24,00	24,00	126,87*	4,60
A x C	1	8,66	8,66	45,80*	4,60
B X C	1	76,11	76,11	402,34*	4,60
A x B x C	1	8,76	8,76	46,31*	4,60
Error	14	2,65	0,19		
Total	23	124,15			
CV %	2,42				

\*: Diferencia significativa

ns: no significativa

CV: Coeficiente de variación

**Anexo 3. Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 30 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	F calculado	F tabla 5%
Tratamientos	7	60,94	8,71	16,46*	2,77
Repeticiones	2	0,22	0,11	0,21ns	3,74
A (Temperatura)	1	0,25	0,25	0,47ns	4,60
B (Tiempo)	1	8,24	8,24	15,57*	4,60
C (Porcentaje de látex)	1	3,32	3,32	6,27*	4,60
A x B	1	12,99	12,99	24,57*	4,60
A x C	1	8,69	8,69	16,43*	4,60
B X C	1	26,50	26,50	50,11*	4,60
A x B x C	1	0,95	0,95	1,80ns	4,60
Error	14	7,40	0,53		
Total	23	68,56			
CV %	14,34				

\*: Diferencia significativa

ns: no significativa

CV: Coeficiente de variación

**Anexo 4. Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 35 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Fuente de Variación	g.l	SC	CM	F calculado	F tabla 5%
Tratamientos	7	37,80	5,40	65,45*	2,77
Repeticiones	2	0,09	0,04	0,52ns	3,74
A (Temperatura)	1	0,00	0,00	0,04ns	4,60
B (Tiempo)	1	0,44	0,44	5,33*	4,60
C (Porcentaje de látex)	1	0,19	0,19	2,29ns	4,60
A x B	1	4,53	4,53	54,94*	4,60
A x C	1	1,36	1,36	16,47*	4,60
B X C	1	29,86	29,86	361,91*	4,60
A x B x C	1	1,42	1,42	17,16*	4,60
Error	14	1,16	0,08		
Total	23	39,04			
CV %	9,19				

\*: Diferencia significativa

ns: no significante

CV: Coeficiente de variación

**Anexo 5. Análisis de variancia del porcentaje de sólidos a 40 °C en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

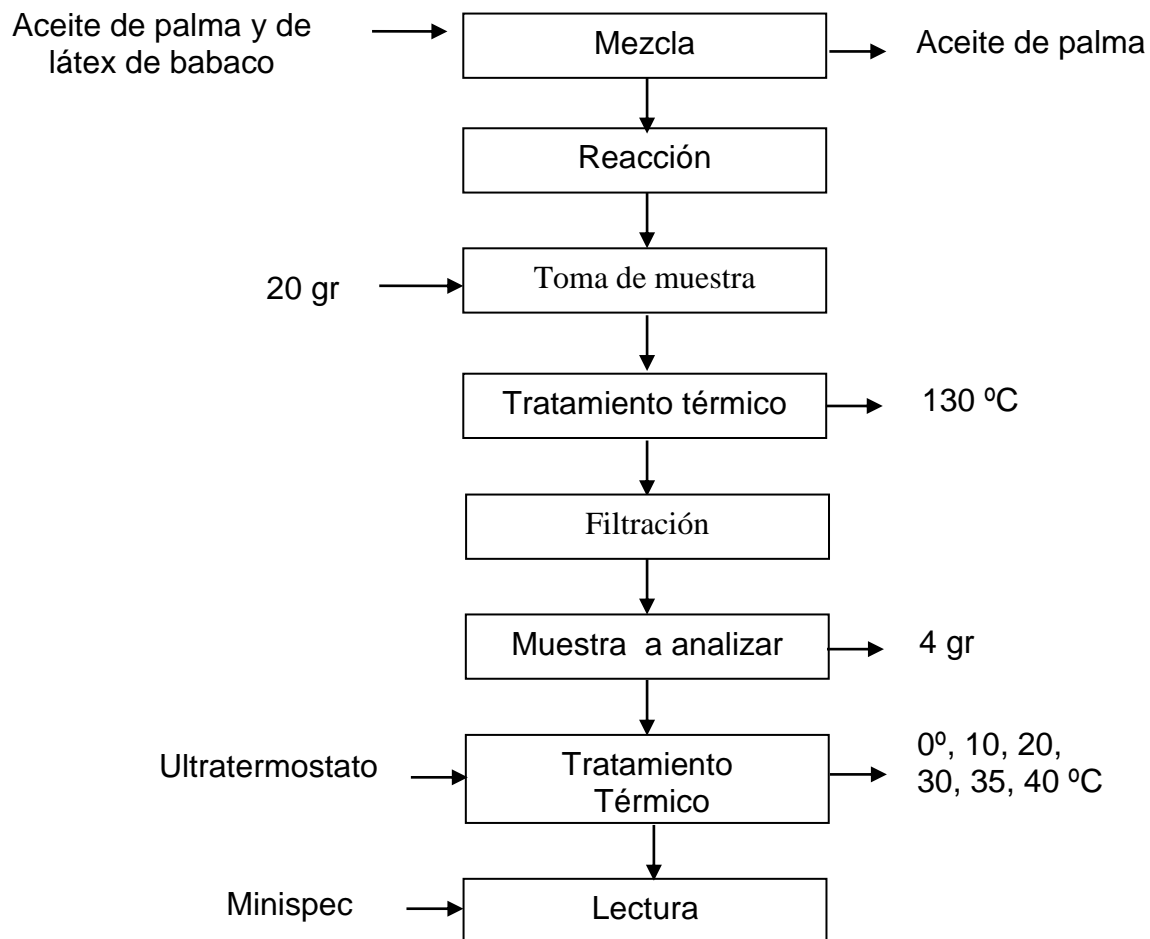
Fuente de Variación	g.l	SC	CM	F calculado	F tabla 5%
Tratamientos	7	18,42	2,63	29,22	2,77
Repeticiones	2	0,33	0,17	1,84	3,74
A (Temperatura)	1	0,81	0,81	8,96	4,60
B (Tiempo)	1	0,89	0,89	9,88	4,60
C (Porcentaje de látex)	1	0,02	0,02	0,25	4,60
A x B	1	2,29	2,29	25,48	4,60
A x C	1	1,57	1,57	17,45	4,60
B X C	1	12,04	12,04	133,75	4,60
A x B x C	1	0,79	0,79	8,80	4,60
Error	14	1,26	0,09		
Total	23	20,01			
CV %	9,19				

\*: Diferencia significativa

ns: no significativa

CV: Coeficiente de variación

**Anexo 6. Diagrama de flujo de proceso de modificación de sólidos en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**



**Figura: 1 Diagrama de experimentación**

## Anexo 7. Balance de materiales para el mejor tratamiento.

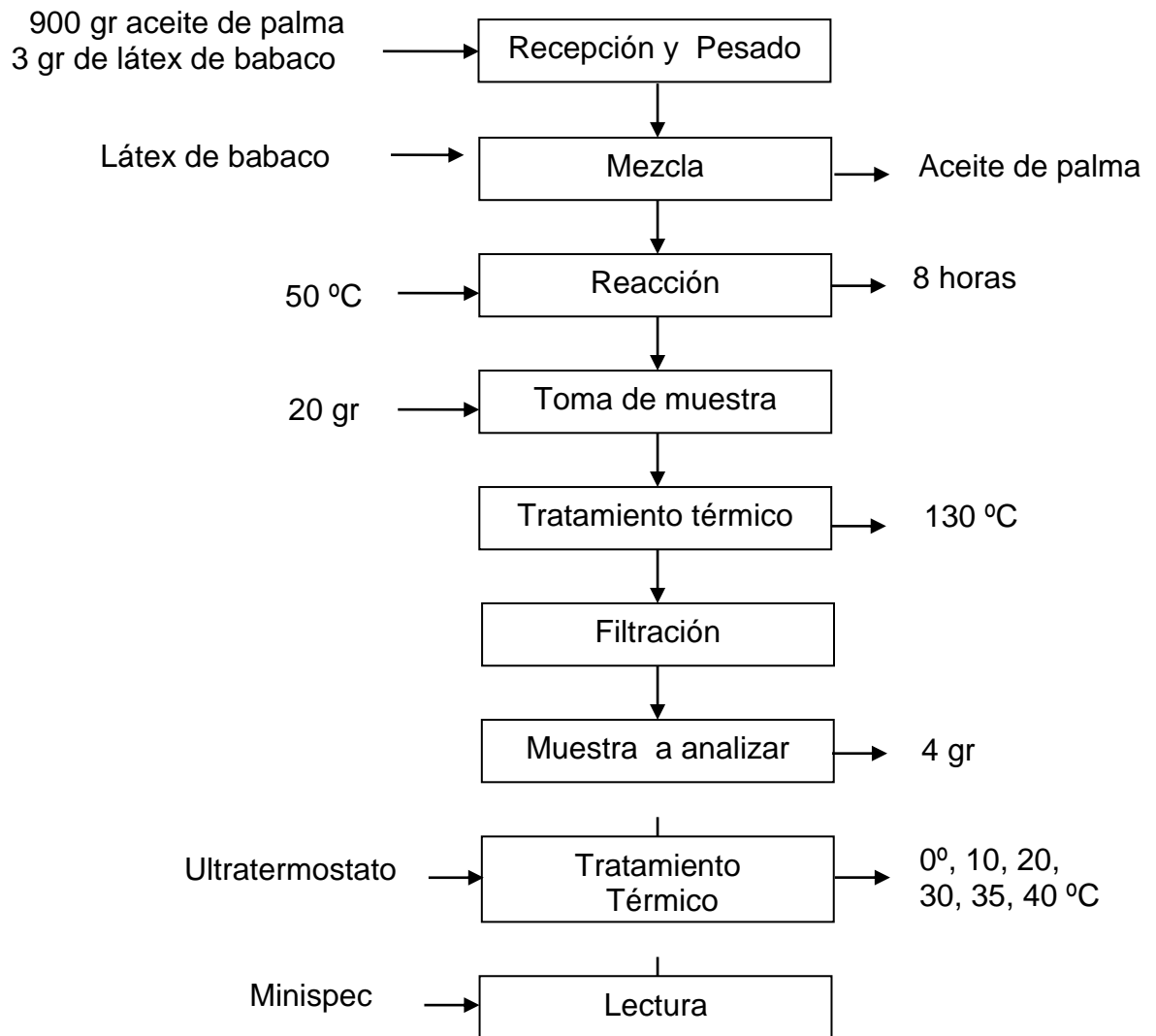


Figura 2. Balance del mejor tratamiento del contenido de sólidos de la investigación

**Anexo 8. Resultados obtenidos de la modificación de sólidos del aceite de palma**

TRATAMIENTOS	10			20			30			35			40		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>a1b1c1</b>	46,10	46,78	46,9	14,13	15,02	15,89	2,97	3,12	4,02	1,02	1,56	2,03	0,48	0,10	1,20
<b>a1b1c2</b>	48,05	47,98	48,15	18,75	18,65	19,01	6,01	2,78	2,98	3,7	3,25	3,85	1,95	1,56	1,89
<b>a1b2c1</b>	49,30	49,08	49,52	22,41	22,10	22,60	8,59	8,32	8,63	5,35	5,46	5,37	3,15	3,02	3,96
<b>a1b2c2</b>	46,68	46,85	46,45	16,35	17,01	16,50	4,07	4,15	3,98	1,92	2,15	2,00	0,85	1,20	1,02
<b>a2b1c1</b>	47,99	48,10	48,05	16,66	16,75	16,25	4,15	4,35	4,22	2,58	2,25	2,35	0,68	0,85	0,56
<b>a2b1c2</b>	48,56	48,78	48,52	20	20,54	20,45	6,28	6,58	6,35	4,34	4,65	4,32	2,18	2,24	2,18
<b>a2b2c1</b>	48,87	48,02	48,96	17,86	17,38	17,24	5,48	5,89	5,56	3,56	3,90	3,16	1,35	1,58	1,62
<b>a2b2c2</b>	46,68	46,75	46,32	16,35	17,1	16,24	4,07	4,68	4,45	1,93	2,35	2,00	0,56	1,20	0,98

Fuente: Manobanda 2011

**Anexo 9. Maquinaria y equipos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Descripción	Cantidad	Valor (\$)	
		Valor Unitario	Valor Total
Minispec Bruker Mq 20 NMR Analyzer	1	10780,00	10780,00
Ultratermoestato	1	8500,00	8500,00
Fuente de calor	1	35,00	35,00
Bomba	1	28,00	28,00
Manquera	3m	0,20	0,60
Balanza 6 Kg	1	650,00	650,00
Balanza 160 g	1	450,00	450,00
Termómetro	2	11,00	22,00
Recipiente de acero	1	35,00	35,00
<b>Sumatoria</b>			<b>\$ 20527,60</b>

**Anexo 10. Materiales directos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Descripción	Cantidad	Valor (\$)	
		Valor Unitario	Valor Total
Aceite de palma	900 gr.	0,00092	0,828
Látex de babaco	3 gr.	0,667	2,001
<b>Sumatoria</b>			<b>\$ 2,83</b>

**Anexo 11. Costo de la mano de obra directa utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Descripción	Personal	Hora	Valor (\$)	
			Valor/hora	Valor total
Operario	1	8	0,33	2,64
<b>Sumatoria</b>				<b>\$ 2,64</b>

**Anexo 12. Materiales indirectos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor (\$)	
			Valor Unitario	Valor total
Botella	Unidad	1	0,24	0,24
Detergente	gr	5	0,2	1,00
Alcohol Industrial	lt	4	0,80	3,20
<b>Sumatoria</b>				<b>\$ 4,44</b>

**Anexo 13. Depreciación de maquinaria y equipos utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Descripción	Cantidad	Vida Útil (año)	Valor Unitario	Valor (\$)
				Depreciación (diaria)
Minispec Bruker Mq 20 NMR	1	15	10780,00	1,97
Ultratermoestato	1	15	8500,00	1,55
Fuente de calor	1	4	35,00	0,02
Bomba	1	4	28,00	0,019
Balanza analítica	1	5	650,00	0,36
Termómetro	1	1	22,00	0,06
Tubo de vidrio de 10mm	1	1	2,00	0,005
<b>Sumatoria</b>				<b>\$ 3,98</b>

**Anexo 14. Suministros utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor (\$)	
			Valor Unitario	Valor total
Agua	6	Lit.	0,06	0,36
Electricidad	10	Kw/hora	0,08	0,80
<b>Sumatoria</b>				<b>\$ 1,16</b>

**Anexo 15. Descripción de los costos totales utilizados en el proceso de modificación de sólidos a en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco.**

COSTOS TOTALES	
<b>Costos variables:</b>	Valor
Materiales directos	2,83
Mano de obra directa	2,64
Materiales indirectos	4,44
<b>Sumatoria</b>	<b>9,91</b>
<b>Costos fijos:</b>	
Depreciación de equipos y maquinarias	3,98
Suministros	1,16
<b>Sumatoria</b>	<b>5,14</b>
<b>Sumatoria Total</b>	<b>\$ 15,05</b>

**Anexo 16. Fotos del proceso de modificación de sólidos en el aceite de palma mediante la interesterificación con adición de látex de babaco**



**Figura 3. Recepciones de muestras de aceite**



**Figura 4. Recepción y extracción de látex de babaco**



**Figura 5. Recipiente de acero para la reacción con reciclo de agua caliente**



**Figura 6. Filtración del aceite**



**Figura 7. Tratamiento térmico de la muestra**



**Figura 8. Dosificación en tubos de vidrio**



**Figura 9. Muestras listas**



**Figura 10. Colocación de las muestras en el ultratermostato a temperaturas establecidas**



**Figura 11. Equipo utilizado para determinar sólidos (Minispec)**



**Figura 12. Colocación de la muestra en la ranura del Minispec**



**Figura 13. Registro de lectura de sólidos**