

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA.

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentada al “Departamento de Ciencias de La Tierra”

**TEMA:**

**EXTRACCIÓN DE FIBRA SOLUBLE A PARTIR DE CÀSCARA DE CACAO  
(*Theobroma cacao L.*) Y SU UTILIZACIÒN EN LA ELABORACIÒN DE  
QUESO FUNDIDO Y YOGURT.**

**AUTOR**

Cristina Marianela Aguirre Martínez.

**Directora de Tesis**

Dra. Ana Lucía Chafra Moína

**PUYO – ECUADOR**

2015

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del informe de investigación sobre el tema:

**“EXTRACCIÓN DE FIBRA SOLUBLE A PARTIR DE CÀSCARA DE  
CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU UTILIZACIÒN EN LA  
ELABORACIÓN DE QUESO FUNDIDO Y YOGURT”** La autora, Cristina  
Marianela Aguirre Martínez, estudiante de la Carrera de Ingeniería  
Agroindustrial, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes  
para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por  
el Departamento de Ciencias de la Tierra.

Puyo, 17 de Septiembre del 2015.

DIRECTORA DE TESIS

-----

Dra. Ana Lucía Chafra Moina.

## **APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Los miembros del tribunal que examinaron el presente documento, aprueban el proyecto de investigación, sobre el tema: **"EXTRACCIÓN DE FIBRA SOLUBLE A PARTIR DE CÀSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU UTILIZACIÒN EN LA ELABORACIÒN DE QUESO FUNDIDO Y YOGURT"** de la autora Aguirre Martínez Cristina Marianela, estudiante de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica.

Puyo, 17 de Septiembre del 2015.

### **Firman los miembros del tribunal**

-----

MSc. Paulina Echeverría

-----

Doc. Manuel Pérez

-----

MSc. Marianela Escobar

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Los criterios emitidos en el proyecto de investigación: **”EXTRACCIÓN DE FIBRA SOLUBLE A PARTIR DE CÁSCARA DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE QUESO FUNDIDO Y YOGURT”**, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autora de este trabajo de grado.

Puyo, 17 de Septiembre del 2015.

**AUTOR**

-----  
Cristina Marianela Aguirre Martínez.

## **DERECHOS DE AUTOR**

El autor otorga sus derechos, para que la Universidad Estatal Amazónica pueda hacer uso en lo que estime conveniente de este documento, siempre y cuando sea con fines de investigación o de consulta.

Puyo, 17 de Septiembre del 2015

**AUTOR**

-----  
Cristina Marianela Aguirre Martínez.

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo de investigación a Dios y a mis padres ya que me han apoyado en estos cinco años de formación profesional hasta llegar a esta etapa de mi vida, y en especial a mi tía quien ha sabido guiarme y estar conmigo hasta finalizar mi formación apoyándome económica y moralmente hasta lograr cumplir mi objetivo.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso mis sinceros agradecimientos:*

*A la Universidad Estatal Amazónica, donde pude adquirir y formar mis conocimientos en toda la etapa de vida estudiantil para de esta forma ayudarme a ser una persona útil para la sociedad.*

*A todos los profesores como Doctores e Ingenieros (as) que han sido mis docentes universitarios y han sabido guiarme con paciencia e inculcarme valores como la responsabilidad y además han compartido sus conocimientos conmigo, en especial a la Doctora Ana Chafra por ser un pilar fundamental desde el inicio de mis estudios hasta el final en donde ha sabido guiarme en el proceso de investigación de mi tesis.*

*A mi padre Iván Aguirre, a mi madre Cumandá Martínez, a mi tía Dennis Aguirre por todos esos valiosos consejos y ejemplo de vida que me han sabido brindar en momentos difíciles; y a toda mi familia, por el apoyo incondicional que supo brindarme e incentivo a cumplir mis metas desde el principio para poder llegar con la bendición de Dios hasta cumplir mi meta de ser Ingeniera.*

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. <i>Objetivos</i> .....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. <i>Hipótesis General.</i> .....	3
1.3. <i>Hipótesis Específica</i> .....	3
CAPÍTULO II .....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. <i>Producción nacional de cacao (Theobroma cacao L.)</i> .....	4
2.2. <i>Residuos agroindustriales:</i> .....	5
2.3. <i>Composición química de las cáscara de Theobroma cacao L. Y sus propiedades fisicoquímicas y funcionales.</i> .....	8
2.3.1. Pared celular de los vegetales.....	8
2.3.1.1. Fibra detergente neutra (FDN):.....	8
2.3.1.2. Fibra detergente ácida (FAD).....	9
2.3.1.3. Lignina.....	9
2.3.1.4. Fibra dietaria.....	10
2.3.2. Clasificación de la fibra dietaria.....	10
2.3.2.1. Fibra soluble.....	11
2.3.2.2. Fibra insoluble.....	11
2.3.3. Componentes de la fibra soluble e insoluble.....	11
2.3.3.1. Celulosa.....	11
2.3.3.2. Hemicelulosa.....	12
2.3.3.3. Lignina.....	13
2.3.3.4. Pectinas.....	13
2.3.3.5. Mucílagos.....	14
2.3.3.6. Gomas.....	15
2.3.4. Función de la fibra soluble (hidrocoloides).....	15
2.3.4.1. Hidrocoloides usados en complementos alimenticios.....	16
2.3.4.2. Hidrocoloides Comerciales.....	17
2.4. <i>Metodología analítica para medir la fibra dietética</i> .....	23
2.4.1. Método Químico gravimétrico.....	24
2.5. <i>Investigaciones sobre el uso de la cáscara del cacao.</i> .....	26
2.6. <i>Derivados lácteos.</i> .....	31
2.6.1. Leche.....	31
2.6.2. Yogurt.....	32
2.6.3. Queso.....	33

2.7. Generalidades del queso fundido o procesado:.....	35
CAPÍTULO III .....	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Localización y duración del experimento. ....	38
3.2. Condiciones meteorológicas. ....	38
3.3. Materiales y Equipos.....	38
3.4. Factores de estudio. ....	39
3.5. Diseño experimental. ....	39
3.6. Mediciones experimentales.....	41
3.7. Manejo del experimento.....	43
3.7.1. Recepción de materia prima.....	43
3.7.2. Selección. ....	43
3.7.3. Limpieza y desinfección de materia prima.....	43
3.7.4. Secado. ....	43
3.7.5. Pesado. ....	43
3.7.6. Hidrólisis. ....	43
3.7.7. Formulación de queso fundido y yogurt.....	44
CAPÍTULO IV .....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	45
4.1. Análisis físico químico de la cáscara de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) 45	45
4.2. Efecto de los tratamientos para la obtención de fibra soluble a partir de cáscara de cacao.....	46
4.3. Solubilidad de la fibra de cacao en diferentes disolventes.....	47
4.4. Determinación de absorción de agua y capacidad de hinchamiento de la fibra soluble.....	48
4.5. Efecto de la adición de fibra soluble en yogurt.....	48
4.5.1. pH en Yogurt.....	48
4.5.2. Sólidos Totales o Materia seca.....	49
4.5.3. Contenido de Ceniza .....	50
4.5.4. Contenido de Proteína.....	51
4.5.5. Contenido de Grasa.....	52
4.5.6. Contenido de Fibra. ....	52
4.5.7. Contenido de °Brix.....	53
4.6. Efecto de la adición de fibra soluble en queso fundido. ....	54
4.6.1. pH.....	54
4.6.2. Humedad. ....	54
4.6.4. Fibra. ....	56
4.6.5. Viscosidad y firmeza.....	56
4.7. Análisis microbiológico del yogurt y queso fundido con diferentes niveles de fibra soluble. ....	57
4.8. Valoración organoléptica del yogurt y queso fundido.....	58

4.9. <i>Análisis beneficio costo del yogurt y queso fundido</i> .....	59
CAPITULO V .....	61
5. CONCLUSIONES.....	61
CAPITULO VI.....	62
6. RECOMENDACIONES. ....	62
CAPITULO VII.....	63
7. BIBLIOGRAFÍA.....	63
CAPITULO VIII.....	70
8. RESUMEN.....	70
CAPITULO IX.....	71
9. SUMMARY .....	71
CAPITULO X.....	72
10. ANEXOS .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA 1. RENDIMIENTO DE CACAO POR HECTÁREA. ....	4
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS GOMAS. ....	22
TABLA 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE PASTAZA.....	38
TABLA 4. DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE DE CÁSCARA DE CACAO EN LA ELABORACIÓN DE YOGURT. ....	40
TABLA 5. DISEÑO DE TRATAMIENTOS DE ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE DE CÁSCARA DE CACAO EN LA ELABORACIÓN DE QUESO FUNDIDO..	41
TABLA 6. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CÁSCARA DE CACAO .....	45
TABLA 7. SOLUBILIDAD DE LA FIBRA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARA DE CACAO .....	76
TABLA 8. SOLUBILIDAD DE LA FIBRA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARA DE CACAO. ....	76
TABLA 9. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO DE LA FIBRA SOLUBLE. ....	77
<u>TABLA 10. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE EL PH EN YOGURT .....</u>	<u>77</u>
TABLA 11. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE EL ST EN YOGURT.....	79
TABLA 12. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE CENIZA EN YOGURT.....	79
TABLA 13. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE PROTEÍNA EN YOGURT.....	80
TABLA 14. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE GRASA EN YOGURT.....	81
TABLA 15. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE FIBRA EN YOGURT.....	82

TABLA 16. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE SOBRE °BRIX EN YOGURT.....	83
TABLA 17. EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE EN YOGURT Y QUESO FUNDIDO.....	87
TABLA 18. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS.....	87
TABLA 19. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL YOGURT Y QUESO FUNDIDO CON DIFERENTES NIVELES FIBRA SOLUBLE.....	88
TABLA 20. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DEL YOGURT CON DIFERENTES NIVELES DE FIBRA SOLUBLE.....	89
TABLA 21. ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO DEL QUESO FUNDIDO CON DIFERENTES NIVELES DE FIBRA SOLUBLE.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA CELULOSA.....	12
FIGURA 2. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA HEMICELULOSA.....	13
FIGURA 3. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA LIGNINA.....	13
FIGURA 4. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA PECTINA. ....	14
FIGURA 5. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS MUCILAGOS.....	14
FIGURA 6. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LAS GOMAS. ....	15
FIGURA 7. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA GOMA XÁNTICA. ....	17
FIGURA 8. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA GOMA DE ALGARROBO. ....	18
FIGURA 12. SOLUBILIDAD DE LA FIBRA DE CACAO Y CARBOXIMETILCELULOSA EN DIFERENTES SOLVENTES.....	76
FIGURA 13. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO DE LA FIBRA SOLUBLE .....	77
FIGURA 14. PH INICIAL EN YOGURT .....	78
FIGURA 15. PH EN YOGURT A LOS 7DÍAS.....	78
FIGURA 17. LÍNEA DE REGRESIÓN DE MS EN EL YOGUR CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	79
FIGURA 18. LÍNEA DE REGRESIÓN DE CZ EN EL YOGUR CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	80
FIGURA 19. LÍNEA DE REGRESIÓN DE PB EN EL YOGUR CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	81
FIGURA 20. DETERMINACIÓN GRASA EN EL YOGUR CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	82
FIGURA 21. LÍNEA DE REGRESIÓN DE FC EN EL YOGUR CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	83
FIGURA 22. LÍNEA DE REGRESIÓN DE °BRIX EN EL YOGUR CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	85

FIGURA 23. LÍNEA DE REGRESIÓN DE PH EN QUESO FUNDIDO CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA.....	85
FIGURA 25. LÍNEA DE REGRESIÓN DE LA PROTEÍNA EN QUESO FUNDIDO CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA SOLUBLE .....	86
FIGURA 26. LÍNEA DE REGRESIÓN DE LA FIBRA EN QUESO FUNDIDO CON DISTINTOS NIVELES DE FIBRA SOLUBLE .....	86
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EXTRACCIÓN DE FIBRA SOLUBLE DE CÁSCARA DE CACAO.....	92
FIGURA 10. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DE QUESO FUNDIDO CON ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE EXTRAÍDA DE LA CÁSCARA DE CACAO.....	93
FIGURA 11. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACIÓN DE YOGURT CON ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE EXTRAÍDA DE LA CÁSCARA DE CACAO.....	94

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial, la preocupación por el aprovechamiento de residuos ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica y sobre todo a nivel industrial, donde los procesos de transformación generan subproductos que pueden ser útiles en la alimentación animal así como en la alimentación humana.

Sin embargo, los residuos generados en las transformaciones agroindustriales y por pérdidas pos cosecha, aún no han sido aprovechados eficientemente, en parte, porque su valor es aún desconocido y, sobretodo, por la falta de métodos apropiados para la preparación y caracterización de sustancias con la suficiente calidad e inocuidad como para ser usadas en los procesos de mayor valor agregado. (Godoy, 2002).

Gracias al desarrollo de la ciencia y la tecnología de la alimentación en los últimos 50 años, se han descubierto varias sustancias nuevas que pueden cumplir funciones beneficiosas en los alimentos, y estas sustancias, denominadas aditivos alimentarios, están hoy al alcance de todos. Entre ellas, destacan las fibras, gomas y mucílagos por su poder espesante y gelificante en los alimentos. (Multon, 2000).

“Las cáscaras de cacao son producto de desecho de la industria cacaotera, y representa un grave problema para la industria. Este desecho se convierte en una fuente significativa de enfermedades cuando es usado como abono en las plantaciones”. (Betancourt, 2009).

El cacao, ampliamente utilizado en la industria agroalimentaria, podría ser una excelente fuente de fibra dietética (FD), pues contiene hasta un 57%

de fibra (Danisco, S. 2006). La fibra de cacao (FC), a su vez, podría constituir un ingrediente funcional con un papel activo en el mantenimiento de la salud humana y en la prevención de determinadas enfermedades con elevadas tasas de incidencia en las sociedades actuales, como las enfermedades cardiovasculares o el cáncer (Zuleta, 2005).

Con esta investigación se pretende obtener un producto natural como el yogurt y queso fundido que tenga aceptabilidad por el consumidor y aproveche las ventajas nutricionales de la fibra soluble extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) presentes en su composición, promoviendo de esta forma el aprovechamiento del residuo agroindustrial proveniente del beneficio de cacao en la región.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general.**

Extraer la fibra soluble a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) y su utilización en la elaboración de queso fundido y yogurt.

### **1.1.2. Objetivos específicos.**

- Caracterizar la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) procedente de los centros de beneficio de la provincia de Pastaza.
- Determinar los parámetros óptimos para la extracción de fibra soluble en medio ácida y básica.
- Evaluar el mejor nivel de adición de fibra soluble en la elaboración de queso fundido y yogurt.
- Analizar el costo beneficio de los productos a obtener.

## **1.2. Hipótesis General.**

La fibra soluble extraída de la cáscara de cacao en la elaboración de queso fundido y yogurt, tendrá aceptabilidad por el consumidor, aprovechando de esta manera las ventajas nutricionales de la fibra.

## **1.3. Hipótesis Específica.**

El nivel máximo de adición de fibra soluble mejorará las características físico químicas y organolépticas del yogurt y queso fundido.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

#### 2.1. Producción nacional de cacao (*Theobroma cacao* L.)

En el Ecuador existe un tipo de cacao único en el mundo conocido con el nombre de “Nacional”, en la **Tabla 1**, se indica algunos datos de producción respecto a esta variedad. El cacao nacional se caracteriza por tener una fermentación corta y dar un chocolate suave con un buen sabor y aroma, por lo que se le reconoce internacionalmente con la clasificación de “Cacao Fino de Aroma”.

**Tabla 1.** Rendimiento de cacao por hectárea.

PRODUCCION COSECHADA		
Tipo de cacao	t/ha	qq/ha
Nacional	0,18	4
CCN-51	0,93	20,5

Fuente: González, 2012

Según datos de la Organización Internacional de Cacao, en el Ecuador la variedad de cacao nacional, “fino de aroma”, representa el 75% de la producción, la diferencia corresponde a los ordinarios (ICCO, 2012). El cacao ecuatoriano es reconocido mundialmente por sus características únicas de aroma y color para la preparación de derivados (FLACSO-MIPRO, 2012), por ello el 22 de julio de 2005 el cacao fino y de aroma fue declarado “Producto simbólico del Ecuador” mediante Acuerdo Ministerial N°. 070 del Ministro de Agricultura y Ganadería.

Además, en Ecuador se cultiva una variedad conocida comúnmente como CCN-51 (Colección Castro Naranjal - 51), en reconocimiento al agrónomo Homero Castro Zurita quien después de varias investigaciones logró

obtener en 1965 el tipo 51, que fue tolerante a las enfermedades, con una alta productividad y calidad. Esta variedad es un cacao clonado que el 22 de junio del 2005 fue reconocido mediante Acuerdo Ministerial N°40 por registrar una alta productividad, aunque es considerado como cacao ordinario (ANECACAO, 2005; MAGAP, 2012). La principal diferencia a destacar entre estos tipos de cacao en Ecuador se fundamenta en la productividad del mismo.

## **2.2. Residuos agroindustriales:**

Entre los diferentes enfoques que existen para definir a la “agroindustria”. Se podría decir que es una “actividad que integra la producción primaria agrícola, pecuaria o forestal, el proceso de beneficio o transformación, así como la comercialización del producto, sin dejar de lado los aspectos de administración, mercadotecnia y financiamiento”. Dicho en otros términos, es una actividad económica que combina el proceso productivo agrícola con el industrial para generar alimentos o materias primas semi-elaboradas destinadas al mercado. También se dice que constituye una parte del sector industrial que se dedica a producir y/o transformar, almacenar y comercializar productos provenientes del campo (Albrecht, 2010).

Debido a la gran cantidad de exigencias que cada vez van en aumento para el mercado, la transformación de los productos agrícolas se ha convertido en parte importante de los procesos industriales dentro de muchas empresas. Dichos procesos generan de forma forzosa gran cantidad de residuos que son los causantes de la contaminación ambiental en aguas, suelos y atmósfera, y que además ponen en peligro la salud humana y el nicho ecológico de muchas especies animales y vegetales de nuestro ecosistema (Di, 2007).

Por lo cual y conscientes de esta problemática, diversos investigadores han dedicado sus esfuerzos a evaluar diversas propiedades y los usos de

estos materiales con el fin de mitigar el impacto ambiental que generan las empresas procesadoras, además de intentar buscar posibles aplicaciones que pueden llegar a presentar beneficios económicos (Parawira, 2008).

A partir del marco de referencia anterior, se puede decir que los residuos agroindustriales son materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, y que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social (Parawira, 2008).

El problema al que encontramos en los residuos agroindustriales es que no existe una clara conciencia ambiental para su manejo correcto, además de que falta capacidad tecnológica y recursos económicos para darles un destino final, así como una legislación específica para promover la gestión de este tipo de residuos, que asegure un buen manejo desde su generación hasta su disposición final, aún en la actualidad, esta problemática prevalece a nivel mundial (Parawira, 2008).

A menudo al hablar sobre el tema utilizamos en forma indistinta los términos: subproductos, residuos y desechos, sin importar que existe una diferencia conceptual entre ellos. Un “subproducto” es un producto secundario, bien conocido, generalmente útil, comercializable y por lo tanto con valor agregado, que resulta de un proceso industrial. El término “residuos”, se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aún en baja proporción, le pueden conferir algún interés para su utilización (Ángel, 2012).

Desde este punto de vista, los términos “subproducto” y “residuo” podrían utilizarse como sinónimos, no así el término “desecho”, que está referido a

aquellos materiales que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final (Ángel, 2012).

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Por ser la materia orgánica su principal componente, en la práctica se les denomina “residuos orgánicos”, dentro de este rubro se incluyen otros residuos, como los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, así como los residuos domésticos y residuos sólidos municipales (Ángel, 2012).

Algunas de las áreas dentro de las que se han enfocado todas estas investigaciones son la obtención de combustibles, de saborizantes y compuestos aplicables a la industria de alimentos y de pesticidas, entre otras (Rivas, 2009).

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento (Valdez *et al.* 2010)

Es de esperar que después del aprovechamiento de un residuo se genere un siguiente residuo más agotado que podría tener otra aplicación, o bien, convertirse en un desecho. En la búsqueda de oportunidades de aprovechamiento de residuos este aspecto deberá ser considerado, con un enfoque de responsabilidad ambiental (Valdez, *et al.* 2010)

## **2.3. Composición química de las cáscara de *Theobroma cacao* L. y sus propiedades fisicoquímicas y funcionales.**

### **2.3.1. Pared celular de los vegetales.**

Todos los vegetales están compuestos por las células vegetales, a diferencia de las células animales, estas están rodeadas por pared celular fina y mecánicamente fuerte que les da una mejor consistencia. Esta pared consta de una mezcla compleja de polisacáridos y otros polímeros. Las paredes celulares vegetales también contienen proteínas estructurales, enzimas, polímeros fenólicos y otros materiales que modifican las características físicas y químicas de la pared (Taiz, 2011).

A pesar de la gran diversidad en la morfología de las paredes celulares, estas se clasifican generalmente en dos tipos: paredes primarias y paredes secundarias. Las paredes primarias se encuentran formadas por las células en crecimiento, y las secundarias no está presente en todas las células vegetales y, en las que llegan a existir, aparece siempre después de la pared celular primaria proporcionándole sostén, rigidez, y fuerza a la planta (Multon, 2000).

#### **2.3.1.1. Fibra detergente neutra (FDN):**

Fibra detergente neutra (FDN): Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes minoritarios como residuos de almidón, ceniza y nitrógeno. Las recomendaciones recientes de Van et al. (1991) para la determinación de FND sugieren la utilización de amilasas termoestables específicas (libres de actividad hemicelulasa, proteasa o glucanasa), especialmente en concentrados o ensilados de maíz, y la corrección por el contenido en cenizas. (Multon, 2000).

### **2.3.1.2. Fibra detergente ácida (FAD).**

Fibra ácido detergente (FAD): Es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales. Como en el caso de la FND, (Van Soest *et al.*, 1991) sugieren la corrección por el contenido en nitrógeno y cenizas. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Es necesario apuntar que la determinación secuencial de FAD y lignina permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FDA (Multon J. 2000).

### **2.3.1.3. Lignina.**

La lignina es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono. La composición o distribución de los tres componentes en esas redes varía dependiendo del tipo de planta. En el caso de la composición de la madera, los rangos más comúnmente encontrados son: Celulosa: 38-50%; Hemicelulosa: 23-32% y Lignina: 15-25% (Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products, 2007).

La lignina está presente en todas las plantas vasculares, y al igual que muchos otros componentes de la biomasa, se forma mediante la reacción de fotosíntesis. La lignina está considerada como un recurso renovable asequible y de potencial uso industrial, cuya producción anual se ha estimado en el intervalo de 5-36 x 10<sup>8</sup> toneladas (Gellerstedt & Henrinksson, 2008).

#### **2.3.1.4. Fibra dietaría.**

La Asociación Americana de la Química de los Cereales 2008 explica que la fibra dietaría es conocida como los restos del esqueleto de las células vegetales, (glúcidos, oligosacáridos, polisacáridos, ligninas y otras sustancias asociadas a los vegetales; donde debemos considerar los componentes no estructurales como gomas, mucílagos y pectinas ), no digeribles, estas son muy resistentes a la hidrólisis por enzimas endógenas del sistema digestivo humano y a la digestión y la absorción que se lleva a cabo en el intestino delgado, con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso. La principal fuente de la de fibra dietaría es la pared celular, que presenta propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas debido a sus regiones amorfas y cristalinas. Las principales propiedades de pared celular son la hidratación, intercambio iónico y adsorción orgánica (Gellerstedt & Henrinksson, 2008).

#### **2.3.2. Clasificación de la fibra dietaría.**

La fibra, aunque no esté considerada como dietéticamente esencial, cumple una serie de funciones benéficas para la salud de los animales y seres humanos. Si bien, son numerosos los elementos que están integrados en el concepto de fibra, no existe una clasificación única. Para mayor facilidad, se clasificará en fibra soluble y en fibra insoluble. Dicha clasificación es arbitraria y tan solo se basa en la separación química manteniendo unas condiciones controladas de pH y de enzimas que intentan simular las condiciones fisiológicas. (Cano, 2011).

La fibra actúa como una esponja en el organismo, reteniendo agua, nutrientes, ácidos biliares y agentes carcinogénicos. Se ha demostrado que todos los tipos de fibras tienen diferentes resultados a su paso por el intestino delgado y grueso dependiendo de sus propiedades físico-químicas y funcionales las cuales dependes esencialmente de la composición en cuanto a fibra soluble e insoluble (Ziegler, 1997).

### **2.3.2.1. Fibra soluble.**

Cuando entran en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad (Ziegler, 1997). Los efectos de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticarcinogénico. Está compuesta por pectinas, gomas, mucilagos y algunas hemicelulosas (Gil, 2010).

### **2.3.2.2. Fibra insoluble.**

O también conocidas como poco solubles, que son capaces de retener el agua en su matriz estructural por lo cual forman una mezcla de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal (Gil, 2010).

También contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colón. Está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. Las fibras dietéticas se evalúan como principales propiedades funcionales a nivel in vitro (Gil, 2010).

Las propiedades fisiológicas de la fibra dietaría, están afectadas por sus características fisicoquímicas como su capacidad de retención de agua, capacidad de retención de moléculas orgánicas, viscosidad, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de retención de ácidos biliares, fermentabilidad, etc (Gil, 2010).

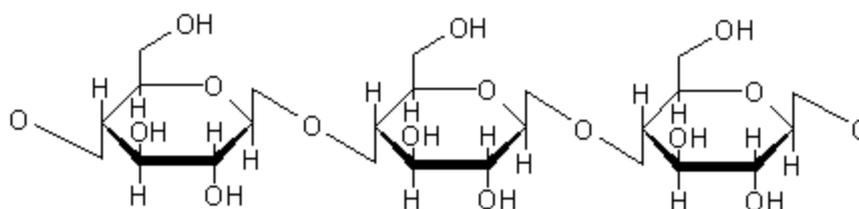
## **2.3.3. Componentes de la fibra soluble e insoluble.**

### **2.3.3.1. Celulosa.**

La celulosa es un polisacárido formado por unidades de anhidro glucosa las cuales se encuentra unidas por enlaces  $\beta$  1-4 glucosídicos como se evidencia en la figura de al menos 500 residuos de  $\beta$ -D-glucosa unidos covalentemente. Este tipo de configuración  $\beta$  le permite a la celulosa

formar cadenas largas y lineales, las cadenas no se presenta aisladas si no unidas entre sí mediante puentes de hidrógeno, lo cual forma una estructura supramolecular cristalina, organizada y resistente a hidrólisis.

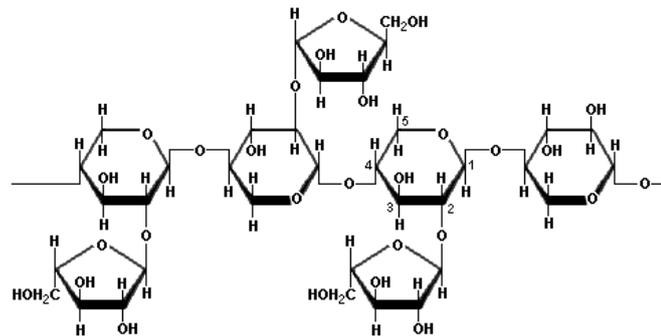
En la pared secundaria tiene su máximo desarrollo mientras que en la pared primaria son más cortas. Grupos de 36 cadenas lineales con la misma orientación, forma y polaridad forman una fibrilla elemental, 20 fibrillas elementales forman una microfibrilla de celulosa, el cual es un estado típico de la celulosa en la pared celular primaria, 250 microfibrillas forman una fibrilla y unas 1500 fibrillas forman una fibra de celulosa, estructura que solo se encuentra en la pared celular secundaria. Las fibras de celulosa se estabilizan por enlaces de hidrógeno entre la misma molécula y puentes de oxígeno entre la moléculas adyacentes, formando una estructura fuerte y de gran resistencia (Gil, 2010).



**Figura 1.** Estructura molecular de la celulosa.

### 2.3.3.2. Hemicelulosa.

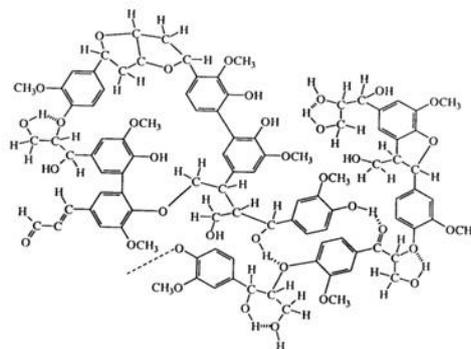
Son un grupo heterogéneo de polisacáridos (de pentosas, sobre todo D-xilano) ramificados que se unen fuertemente entre sí y las microfibrillas de celulosa mediante puentes de hidrógeno, tienen una estructura amorfa o paracristalina. Las moléculas de hemicelulosa tienen de 200 a 500 monosacáridos por cada molécula y se sintetizan en el aparato de Golgi. La Hemicelulosa más abundante es el xiloglucano como se evidencia en la siguiente figura. (Alonso, 2011).



**Figura 2.** Estructura molecular de la hemicelulosa.

### 2.3.3.3. Lignina.

Es un material hidrófobo y rígido, formado por la polimerización de, tres alcoholes aromáticos: cumarílico, coniferílico y sinapílico, que se encuentran unido covalentemente a muchos polisacáridos generando una estructura muy fuerte y resistente a la degradación. Contribuyen a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a impactos y flexiones del ambiente. La lignificación de los tejidos también permite mayor resistencia al ataque de los microorganismos como se evidencia en la siguiente figura. (Alonso, 2011).

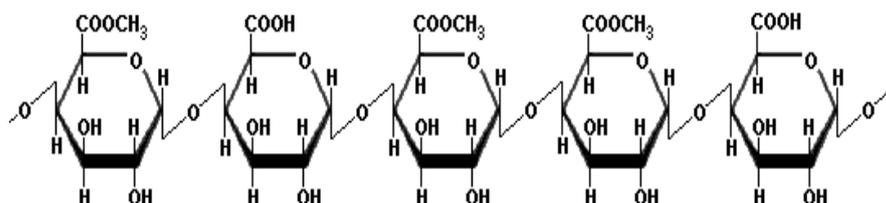


**Figura 3.** Estructura molecular de la lignina.

### 2.3.3.4. Pectinas.

Según Alonso, (2011) las pectinas son polisacáridos heterogéneos ramificados que contienen numerosos residuos de ácido galacturónico, lo que les proporciona una carga global negativa y un alto grado de

hidratación. Las pectinas suelen ir unidas a calcio como pectatos de calcio, se encuentran en la lámina media de la pared celular vegetal, formando geles rígidos e insolubles como se evidencia en la siguiente figura.

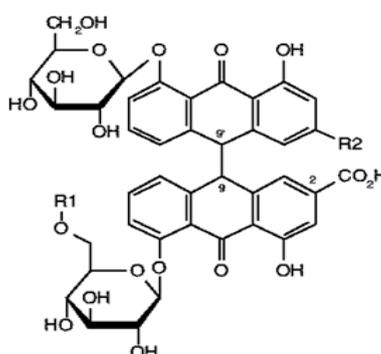


**Figura 4.** Estructura molecular de la pectina.

### 2.3.3.5. Mucílagos.

El mucílago es un producto orgánico de origen vegetal, de peso molecular elevado, superior a 200.000 g/g mol, cuya estructura molecular completa aun es desconocida. Se encuentra formada por polisacáridos celulósicos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y pectinas.

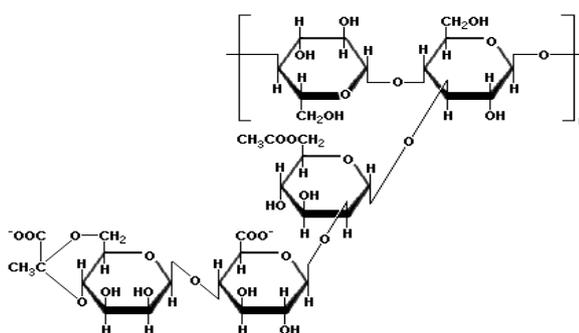
Se suelen confundir con las gomas y pectinas, la diferencia radica en las propiedades físicas. Mientras que las gomas se hinchan en el agua para dar dispersiones coloidales gruesas y las pectinas se gelifican; los mucílagos producen coloides muy poco viscosos, que presentan actividad óptica y pueden ser hidrolizados y fermentados como se evidencia en la siguiente figura (Andrade Y, 2010).



**Figura 5.** Estructura molecular de los mucílagos.

### 2.3.3.6. Gomas.

Al contrario de los mucílagos, estas están formadas por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, arabinosa o manosa. Obtenidas de la transformación de polisacáridos de la pared celular. Se encuentran en arábiga, karaya, tragacanto, gelana, gomaguar entre otras como se evidencia en la siguiente figura (Alonso, 2011).



**Figura 6.** Estructura molecular de las gomas.

### 2.3.4. Función de la fibra soluble (hidrocoloides).

Los hidrocoloides son utilizados en alimentos como agentes espesantes, estabilizantes y gelificante, por su capacidad de cambiar las propiedades reológicas del solvente en el cual son disueltos. El cambio de la viscosidad ocurre como resultado del alto peso molecular que poseen, su naturaleza polimérica y las interacciones entre cadenas de polímero cuando son disueltos o dispersados. Estas propiedades han sido explotadas y utilizadas para su funcionalidad en sistemas de alimentos incluyendo atributos de textura y sensación bucal (Yaseen, *et al.*, 2005).

Según (Franco *et al.*, 1997) la estabilidad de una emulsión se puede mejorar mediante la adición de hidrocoloides que incrementan la viscosidad de la fase continua y por lo tanto reducen la movilidad de las gotas; (Cabeza *et al.*, 2002; Dolz *et al.*, 2007); la selección de los hidrocoloides más adecuados para un sistema que contiene carbohidratos, grasa y proteína dependerá de su capacidad estabilizante,

emulsificante y de la posible sinergia que pueda existir entre mezclas de ellos.

Además también encontramos otros hidrocoloides de origen vegetal como carragenina, la pectina y la goma guar. La carragenina se ha empleado principalmente en productos derivados lácteos; la pectina actúa como gelificante bajo condiciones de alta acidez y concentración de azúcar; la goma guar es espesante en sistemas acuosos (Fernández, 2003).

#### **2.3.4.1. Hidrocoloides usados en complementos alimenticios.**

Los hidrocoloides son utilizados en alimentos como agentes espesantes, estabilizantes y gelificantes, como consecuencia de su capacidad de cambiar las propiedades reológicas del solvente en el cual son disueltos.

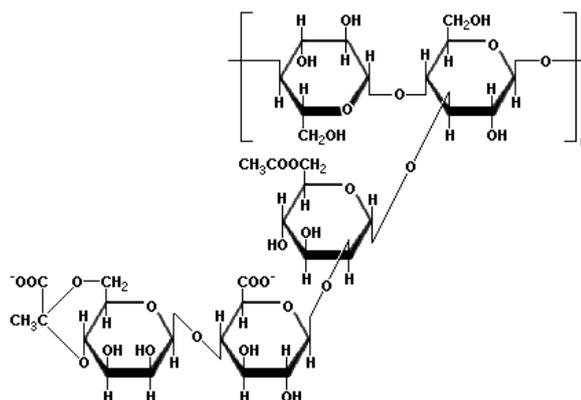
El cambio de la viscosidad ocurre como consecuencia del alto peso molecular, su naturaleza polimérica y las interacciones entre cadenas de polímero cuando son disueltos o dispersados. Estas propiedades han sido explotadas para su funcionalidad en sistemas de alimentos incluyendo atributos de textura y sensación bucal (Yaseen, *et al.*, 2005).

La estabilidad de una emulsión se puede mejorar mediante la adición de hidrocoloides que incrementan la viscosidad de la fase continua y por lo tanto reducen la movilidad de las gotas (Franco et al., 1997; Cabeza et al., 2002; Dolz et al., 2007); la selección de los hidrocoloides más adecuados para un sistema que contiene carbohidratos, grasa y proteína dependerá de su capacidad estabilizante/emulsificante y de la posible sinergia que pueda existir entre mezclas de ellos.

## 2.3.4.2. Hidrocoloides Comerciales.

### 2.3.4.2.1. Goma Xántica

Químicamente, es un polisacárido aniónico constituido por unidades de glucosa. Un esquema de su estructura se presenta en la siguiente figura.



**Figura 7.** Estructura molecular de la goma xántica.

Tiene propiedades reológicas excepcionales, es muy efectiva como estabilizante de sistemas basados en agua, tiene numerosas aplicaciones en la industria de alimentos entre las cuales se encuentran: salsas emulsionadas, productos lácteos, productos bajos en calorías. (Taherian *et al.*, 2007).

Solubilidad: tanto en agua caliente como en fría.

Reología: las soluciones de goma presentan viscosidades en el rango de 1500 a 2500 cps al 1%; ellas se comportan como fluidos pseudoplásticos, especialmente como adelgazantes por esfuerzo. (Taherian *et al.*, 2007).

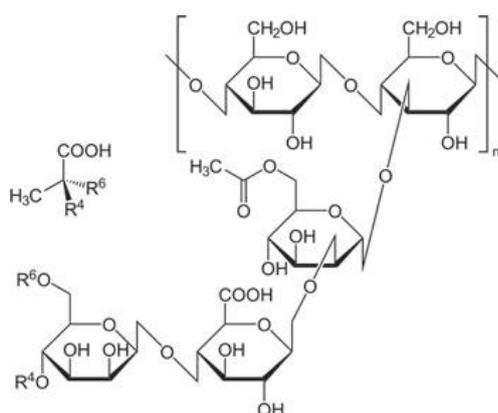
Compatibilidad: su viscosidad depende poco del pH; por lo tanto, se puede utilizar para alimentos muy ácidos, como salsas para ensalada.

Es más resistente a esfuerzos, temperatura, bacterias, degradación por enzimas o radiación UV que la mayoría de gomas. La goma Xántica es más tolerante de electrolitos, ácidos o bases que la mayoría de gomas orgánicas. (Taherian *et al.*, 2007).

### 2.3.4.2.2. Goma de algarrobo.

También conocida como Locust Bean Gum o Garrofin

Químicamente, es un polisacárido neutro con unidades de manosa y galactosa; un esquema de su estructura se presenta en la siguiente figura.



**Figura 8.** Estructura molecular de la goma de algarrobo.

Es ampliamente utilizada en sistemas alimenticios con alto contenido de leche, en especial en helados y quesos untables donde la cremosidad es una característica importante (Kok, 2007); tiene propiedades como estabilizante y emulsificante y por lo tanto, es ampliamente utilizada en bebidas emulsionadas (Buffo, 2001); además, su coeficiente de sedimentación decrece con la temperatura (Morris *et al.*, 2008).

- Solubilidad: a temperatura ambiente es parcialmente soluble, por eso se hace necesario el calentamiento. (Morris *et al.*, 2008).
- Reológicamente, presenta altas viscosidades a concentraciones pequeñas (Morris *et al.*, 2008).
- Formación de gel: Confiere elasticidad a los geles formados por el agar y por los carragenanos, que si no serían usualmente

demasiado quebradizos, en especial los primeros. También puede formar geles elásticos con goma xántica (Morris *et al.*, 2008).

- Compatibilidades: presenta alta estabilidad en un rango de pH entre 3 y 11 (Morris *et al.*, 2008).
- Sinergias: La estructura de la goma de algarrobo le permite asociarse por su zona no ramificada a las cadenas del kappa-carragenano, mejorando mucho sus propiedades, especialmente la sinéresis (Morris *et al.*, 2008).

#### **2.3.4.2.3. Carrageninas.**

Son un grupo de carbohidratos naturales que están presentes en la estructura de ciertas variedades de algas marinas rojas (*Rhodophyceas*).

Las carrageninas son extraídas por medio de una serie de procesos físicos y químicos, obteniéndose un ingrediente funcional de amplio uso en productos alimenticios, principalmente como un agente gelificante, espesante y estabilizante (Williams y Bemiler, 2006).

Químicamente las carrageninas son polímeros lineales de moléculas alternadas de galactosa y 3-6 anhidro-D-galactosa (3,6 AG) unidas por enlaces  $\alpha(1-3)$  y  $\beta(1-4)$ , las que se encuentran parcialmente sulfatadas. El contenido y posición de los grupos éster sulfatos otorgan las diferencias primarias entre los tipos de carrageninas. Las carrageninas de interés comercial son llamadas iota, lambda, kappa I y kappa II (Williams y Bemiler, 2006).

Ésta última se caracteriza por una alta reactividad con las proteínas lácteas, ya que en comparación a los otros tipos tiene un alto contenido de éster sulfato (25-28%) y de 3,6 de AG (32-34%), además forma geles firmes y elásticos en agua y en leche con baja sinéresis. Entre sus

propiedades destacan su solubilidad en agua y estabilidad a pH ligeramente neutro o ácido (mayores a 3.7) (Gelymar, 2006).

Las carrageninas interactúan sinérgicamente con muchas otras gomas en especial con Guar y Locust-Bean (Gelymar, 2006).

#### **2.3.4.2.4. Galactomananos.**

Los galactomananos se obtienen de las semillas de distintas leguminosas. Están formados por una cadena de manosas unidas entre sí por enlaces  $\beta(1-4)$  con ramificaciones de unidades de galactosa unidas a las manosas por un enlace  $\alpha(1-6)$ . Dependiendo del vegetal del que se extraigan, los galactomananos tienen distinto grado de ramificación, y esto influye de forma esencial sobre sus propiedades. Dentro de la familia de los galactomananos se encuentra la goma Guar, tara y Locust Bean. Para la primera la relación DGalactosa/ D-Manosa es 1:2, para la goma tara de 1:3 y para LBG de 1:4 (Williams y Phillips, 2006).

Estas gomas dan soluciones muy viscosas con bajas concentraciones, especialmente si se mezclan con carrageninas o con la goma xantana. Dada la ausencia de grupos ionizables, su comportamiento no depende del pH, siendo estables entre pH 3,5 y 11 ya que por debajo de pH 3 pueden degradarse por hidrólisis (Fennema, 1993). Sus principales usos son como espesante, estabilizante de emulsiones e inhibidor de la sinéresis en diversos productos alimenticios (Bemiler, 1993).

La goma Locust Bean es soluble en agua caliente, alcanzando su viscosidad máxima cuando es calentada a 95°C y después enfriada. Por otro lado, la goma tara es la que proporciona mayores viscosidades en comparación al resto de los galactomananos (Atzi y Ainia, 1999).

#### **2.3.4.2.5. Goma Xanthan.**

La goma Xanthan es un polisacárido extracelular obtenido por la síntesis de la bacteria *Xantomonas campestris* (Williams y Phillips, 2006). Su estructura está formada por un esqueleto de unidades de D-glucosa unidas entre sí por enlaces  $\beta$  (1-4), idénticos a los presentes en la celulosa. Una de cada dos glucosas se encuentra unida por un enlace  $\alpha$  (1-3) a una cadena lateral formada por dos manosas con un ácido glucurónico entre ellas. También posee un grupo piruvato, y el 90% de las manosas más próximas a la cadena central están acetiladas en el carbono 67 (Atzi y Ainia, 1999).

Atzi y Ainia, (1999) señalan que la goma Xanthan no produce gelificación, sin embargo en combinación con la goma de algarrobo (LBG) puede formar geles elásticos y termo reversibles. Entre sus propiedades destacan su solubilidad en agua fría o caliente, produce elevadas viscosidades en bajas concentraciones y es estable al calor y pH, pues la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 20 y 90°C y en un pH de 2 a 12. Es utilizada en muchos productos como espesante, estabilizante y agente para mantener suspensiones.

#### **2.3.4.2.6. Carboximetilcelulosa.**

Es un polímero aniónico soluble en agua, proveniente de la modificación química de la celulosa, sustituyendo algunos de los hidrógenos de los grupos hidroxilos, por grupos carboximetílicos. La Carboximetilcelulosa es compatible con sales y con las proteínas de la leche. Las viscosidades que puede aportar en una solución depende del grado de sustitución (número de grupos hidroxilos reactivos), grado de polimerización (largo de la cadena) y la uniformidad de sustitución a lo largo de la cadena (Zehren et al, 2000).

Se usa principalmente como producto de relleno ya que evita la sinéresis, como fibra dietética, agente anti grumoso y emulsificante (Atzi y Ainia, 1999).

**Tabla 2. Clasificación de las gomas.**

<b>Origen</b>	<b>Tipo</b>
<b>Extracto de algas</b>	Alcinatos
	Carragenina
	Agar – Agar
<b>Exudado de plantas</b>	Goma Arábica
	Goma Tragacanto
	Goma Karaya
<b>Semillas de plantas</b>	Goma Guar
	Goma Tara
	Locust – Bean
<b>Frutos (cascara de limón, manzana, etc.)</b>	Pectinas
<b>Tubérculos</b>	Konjac
<b>Modificadas (semisintéticas)</b>	Metilcelulosa
	Carboximetilcelulosa
	Hidroxipropilcelulosa
	(todas derivadas de la celulos)
<b>Fermentación (cultivos de ciertos microorganismos)</b>	Goma Xanthan
<b>Animal</b>	Gelatina
<b>Cereales</b>	Almidón

FUENTE: Zehren, (2000).

Selección y aplicación de hidrocoloides. (Zehren y Nusbaum 2000), señala que la selección de gomas depende de algunos factores, tales como:

- Características de procesamiento que incluyen solubilidad, capacidad de absorción de humedad, viscosidad en caliente y el almacenamiento del producto.
- Compatibilidad con las proteínas de la leche y otros estabilizantes e ingredientes que componen la formulación.
- Propiedades organolépticas apropiadas para los productos finales, incluyendo sabor, cuerpo, textura, suavidad y apariencia.
- Estabilidad microbiológica del producto final.
- Estabilidad física del producto final.

#### **2.4. Metodología analítica para medir la fibra dietética**

Los métodos para determinar la FD pueden desglosarse en métodos gravimétricos y métodos enzimáticos químicos (Betancourt, 2009).

Los métodos gravimétricos se basan en pesar el residuo que queda después de una solubilización enzimática o química de los componentes que no son fibra (Betancourt, 2009).

Los métodos enzimático-químicos consisten en aislar los residuos de FD por acción enzimática y en liberar por hidrólisis ácida los azúcares neutros que constituyen los polisacáridos de la fibra y medirlos por cromatografía líquida de alta presión (HPLC), cromatografía de gases (GLC) o colorimétricamente. Los ácidos urónicos se determinan colorimétricamente o por descarboxilación y la lignina se determina generalmente por gravimetría (Betancourt, 2009).

Los métodos gravimétricos son más sencillos y rápidos, se limitan al cálculo de las fibras totales o de las fibras solubles e insolubles, los métodos enzimático-químicos en cambio son más complejos y lentos, proporcionan la cantidad de cada uno de los azúcares neutros y ácidos,

se pueden estimar por separado la lignina y añadirla a la suma de los azúcares individuales dando el contenido de fibra total (Betancourt, 2009).

Veremos con más detalle cuáles son los principales métodos, la fracción que se analiza en cada uno de ellos y los comentarios que se desprenden de dichas técnicas. (Betancourt, 2009).

#### **2.4.1. Método Químico gravimétrico.**

##### **a) Fibra cruda.**

Se basa en el tratamiento secuencial con ácidos y álcalis en condiciones estandarizadas. Con este método se subvalora en forma importante el contenido de FD ya que se disuelve gran parte de la hemicelulosa y lignina, cantidades variables de celulosa y toda la fibra soluble (Betancourt, 2009).

Los valores de fibra cruda no tienen relación con el verdadero valor de FD de los alimentos humanos. Los valores de FD generalmente son 3 a 5 veces mayores que los valores de fibra cruda, pero no puede hacerse un factor de corrección porque la relación entre fibra cruda y FD varía dependiendo de los componentes químicos. La fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debiera usarse para informar del contenido de fibra de los alimentos (Betancourt, 2009).

##### **b) Fibra ácido detergente.**

Este método consiste en someter la muestra a ebullición con bromuro de cetiltrimetilamonio en medio ácido y subsecuente filtración y lavado del residuo. Este método da una buena estimación de celulosa y lignina. En el residuo se puede analizar la celulosa o lignina (Betancourt, 2009).

### **c) Fibra neutra detergente.**

Este procedimiento envuelve la extracción del alimento con una solución caliente de laurilsulfato de sodio y la subsecuente determinación gravimétrica del residuo. Este método da una buena estimación de la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) y ha sido usado ampliamente para evaluar los alimentos de consumo humano (Betancourt, 2009).

En alimentos ricos en hidratos de carbono como cereales y verduras amiláceas sobreestima la fibra neutro detergente, por ello ha sido necesario modificar esta técnica con el agregado de una alfa amilasa que digiere los hidratos de carbono. La ventaja de este método es que permite determinar la FI por un método relativamente simple. La gran desventaja es que la FS se pierde, además se ha encontrado que subestima la FI en algunos alimentos como la soya y papa, por la disolución de complejos proteína-fibra (Betancourt, 2009).

La diferencia entre el método neutro y ácido detergente nos da la hemicelulosa pero existen errores potenciales asociados con esta estimación, por lo que se enfatiza la medición directa de hemicelulosas (Betancourt, 2009).

### **d) Fibra dietética total simplificada.**

Recientemente un método gravimétrico no enzimático fue desarrollado para el análisis de FD total (FDT) en productos con bajo contenido de almidón como frutas y verduras. Este método ha sido estudiado en forma colaborativa bajo los auspicios de la AOAC. Para la mayor parte de las dietas que contienen almidón este método sobreestima el contenido de FDT (Betancourt, 2009).

## **2.5. Investigaciones sobre el uso de la cáscara del cacao.**

Las investigaciones parten desde el siglo XX, sobre productos y subproductos de cacao y hacen referencia al uso alimenticio que se le puede dar.

La guía para la utilización de recursos forrajeros tropicales en la alimentación de bovinos (CG-SENA, 2009) señala que las cáscaras de cacao pueden suministrarse frescas o ensiladas, además secas y molidas las cuales son una excelente alternativa como material de relleno para la elaboración de bloques multinutricionales para animales. (CG-SENA, 2009).

Según Brenes, (1990) en su estudio denominado “Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao: las cáscaras de cacao constituyen un subproducto, además indica como puede ser utilizada en la alimentación animal, fertilización de plantas y como materia prima para biodigestores.

Estos usos han sido indicados tomando en cuenta la composición química de la cáscara: 27% de fibra cruda, 6,25% de proteína cruda con 35,5% de nitrógeno disponible total y 3,2% de potasio. Una tonelada métrica de materia seca de cáscara puede aportar 12 kg de nitrógeno, 2.5 kg de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 42 kg de potasio (K<sub>2</sub>O), 4,2 kg de Calcio (CaO) y 4.2 kg de Magnesio (MgO). (CG-SENA, 2009).

En África Central y Occidental se desarrolla el Proyecto de Sistemas de cacao Competitivos y Sustentables (SCCS), dotada con una red de investigación para resolver los problemas que el cultivo presente, el proyecto es implementado con el apoyo del CORAF/WECARD (West & Central African Council for Research and Development). (CG-SENA, 2009).

El SCCS, abarca a Costa de Marfil, Ghana, Togo, Nigeria y Camerún, donde el principal objetivo es encontrar y adaptar los mejores métodos posibles para renovar o desarrollar las plantaciones de cacao de esta manera para producir sistemas de cacao competitivos y sustentables en el África Central y Occidental, de esta manera llevar a cabo estudios y operaciones de investigación con agricultores, en el campo, sobre la utilización eficiente del cacao, nuevos usos del cacao y sus subproductos, se presentan en la quinceava Conferencia Internacional sobre investigaciones del cacao, se describen a continuación: Oluwalana y colaboradores, en el estudio denominado “Producción de mermelada usando pectina extraída de la vaina del cacao”, demuestran que la pectina de la vaina de cacao es útil para la producción de mermelada. (CG-SENA, 2009).

Un estudio sobre el “Potencial de la cáscara de la vaina del cacao como ingrediente alimentario en la dieta del pez gato africano” (*Clarias gariepinus*), realizado por Hamzat y colaboradores, donde utiliza la cáscara de cacao para alimentar a los peces, reemplazando de esta manera al maíz como fuente de energía para el *C. gariepinus*, los resultados arrojados indican que no hay diferencias en la aceptabilidad y también demuestra que la inclusión del 10% de cáscara de vaina de cacao ofrece un óptimo rendimiento al pez gato africano.

Babayemi, (2012), en el estudio denominado “Evaluación de mezclas de cáscara de vaina de cacao y pasto de Guinea: el uso de características de la producción de gas y parámetros pos incubación”, conllevaron a formular dietas de pasto y cacao en diferentes porcentajes para producir gas y determina que reemplazar un 50 % de pasto por cáscaras de cacao puede no ser perjudicial para los microorganismos que se encuentran en el aparato digestivo de los rumiantes.

La investigación titulada “Efecto del tiempo de hervor en la utilización de la cáscara de la vaina del cacao en el alimento de gallinas ponedoras”,

realizado utiliza las cáscaras de cacao en las dietas de aves de corral como sustituto del maíz en las raciones de las aves ponedoras. Se utiliza también cáscara sin tratamiento, mezclas de cáscara con urea y cáscaras de cacao hervidas a tiempos de 15, 20, 45 y 60 minutos, lo cual llevo a determinar que el tratamiento térmico de las cáscaras de cacao durante 15 minutos es la opción más rentable en las raciones alimenticias de las aves ponedoras ya que incrementa su rendimiento en un 5 % (Valencia, 2004).

El desarrollo de un estudio en compost basado en cáscara de vaina de cacao para semilleros de plántulas de cacao, experimenta diferentes mezclas de suelo de la capa superficial: con cáscara de la vaina de cacao y vegetación. Dicho estudio determina que el compost de la cáscara de la vaina de cacao, puede ser un medio para semillero adecuado para el crecimiento de plántulas de cacao cuando es utilizado y se lo mezcla en pequeñas proporciones.

Según Alba, 1954 demuestra que el valor nutritivo de la cáscara de cacao cuando es utilizado en la alimentación del ganado vacuno ayuda a incrementar la producción de leche en un valor aproximado del 4 % con respecto al maíz molido y harina de yuca que también son utilizados.

Las cáscaras de la vaina del cacao son fuentes de pectinas como lo indica (Barazarte, 2008) además identifica que el potencial de las cáscaras de cacao como fuente de pectinas, como complemento de aplicación a la pectina extraída de las cáscaras de cacao.

Posteriormente, Franco. (2010) demuestra que la pectina obtenida de la cáscara de cacao es aceptable para poder ser empleada en la industria alimentaria de los seres humanos dando de esta manera un valor agregado a este subproducto, especialmente para mejorar las condiciones económicas de los agricultores que cultivan el cacao. Investigaciones llevadas a cabo por Franco, (2010) indican que la cáscara

de cacao puede constituir el 20 % de una ración alimenticia para ser utilizado en aves de corral, entre 30 y 50 % para cerdos, y 50 % para ovejas, cabras y ganado lechero, debido al contenido de teobromina, resaltan la importancia de utilizar como máximo los porcentajes indicados, caso contrario los efectos producidos son mortales ya que la presencia de teobromina animales causa intoxicación, lo afirma el Departamento de Seguridad Alimentaria de Europa.

Awolumate, (1983) señala que las cenizas de las cáscaras de la vaina de cacao son bajas en Mn, Cu, Zn pero tienen niveles altos en Ca, N, K, Na, P, Fe y Mg, por esta razón, pueden ser utilizados en la industria local de jabones o como fuente de fertilizante orgánico.

Se obtiene un incremento del volumen de las espumas en una relación de 1:4, por lo tanto reduce el costo de la espuma hasta en un 21 %, se le da este enfoque alternativo de características hidrófilas mejora la capacidad de retención de agua con la ventaja de que son materiales con biodegradabilidad controlada. (Padrón, 2004).

Bermúdez *et al.*, (2002) señala que al utilizar la cáscara de cacao fermentada como alimento se mejora la digestibilidad de nutrientes e incrementa el rendimiento en peso de los conejos y que la fermentación de cáscara de cacao con *Pleurotus ostreatus*, permite obtener un sustrato permanente de alto valor nutritivo para ser utilizado en las dietas alimenticias de animales o como abono orgánico para las plantaciones.

Larragán, (1958) indica que las cáscaras de cacao se utilizan para generar una mayor producción láctica y como forraje en épocas de sequía. La cáscara de cacao contiene de 3–4 % de sales de potasio sobre base seca (Wood y Lass, 1985), citado por (Kalvatchev *et al.*, 1998). La ceniza ha sido usada para fabricar jabón en Ghana y citada por (Kalvatchev *et al.*, 1998). La ceniza también puede convertirse en un

abono rico en potasio mediante la adición de almidón y luego granulando la mezcla (Oddoye, 2012).

Nossa, (1994), indican que la cáscara de cacao es una alternativa para suplementación de bovinos utilizando niveles entre el 15 y el 25 %. Nossa (1994) indica que el aprovechamiento eficiente de las cáscaras de cacao promueve el reciclaje contribuyendo al control sanitario de cultivos.

Mejía, (2002) demuestra que: las cáscaras de cacao pueden ser utilizadas para obtener abono orgánico para lo cual se realiza una mezcla de residuos de cosecha de las plantas cultivadas (hojas, tallos, frutos, desperdicios residenciales, etc.) que pasarán un proceso de descomposición por la acción de numerosos organismos que transforman la materia orgánica en nutrientes que serán asimilables para las plantas, como resultado se obtendrá un fertilizante de alta calidad y económico de producir.

La cáscara del cacao es altamente alimenticia y no contiene sustancias dañinas como la teobromina que se encuentra en las semillas y en la cascarilla de los granos de cacao, además sugiere que es necesario implementar tecnologías para aprovechamiento de los desechos agrícolas de la actividad cacaotera (Mora, 2011).

El estudio G36 *Theobroma cacao* L. Cacao "Cocoa", indica que los granos y cáscaras de cacao contienen un alcaloide llamado teobromina, el cual es venenoso para los animales, lo que limita su uso para fines de alimenticios, aunque recalca que el contenido de teobromina en las mazorcas es muy bajo. Cabe recalcar que las cáscaras de cacao son ricas en potasio razón por la cual los agricultores aprovechan este nutriente dejándolo en el campo para que fertilicen los cacaotales (FAO, 2004).

## **2.6. Derivados lácteos.**

Los productos lácteos son un grupo de alimentos formados principalmente por el yogurt, queso, crema, mantequilla y leche, siendo esta última el componente más importante de este grupo, son alimentos que por sus características nutricionales son los más básicos y completos (equilibrados) en composición de nutrientes como: carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales. (Bello, 2004).

### **2.6.1. Leche.**

La leche es una secreción natural de las glándulas mamarias de especies domésticas, destinada para consumo humano. (Bello, 2004).

La leche y los productos lácteos derivados, como queso y yogurt, han sido consumidos desde tiempos remotos. Los procesos tradicionales aunados a los avances de la ciencia y la tecnología han logrado hacer del arte de elaboración de dichos productos una ciencia que beneficia tanto a los niveles artesanales como a los industriales. Es un hecho conocido que el yogurt posee propiedades nutricionales y terapéuticas especiales (Bello, 2004).

Las bacterias del yogurt producen vitaminas y aumentan el contenido de aminoácidos libres y ácido fólico. Además el yogurt se digiere mejor que la leche, ya que ayuda a asimilar los nutrientes, en especial en la vejez, cuando la deficiencia de jugos gástricos no permite su fácil absorción. Las bacterias lácticas del yogurt son beneficiosas para la flora intestinal, actúan como una barrera ecológica al cerrar el paso de las bacterias patógenas, estimulan las defensas naturales del organismo contra las enfermedades incitando la producción de interferón, proteína que inhibe el desarrollo de virus patógenos, aumentan la cantidad de inmunoglobulinas y activan los linfocitos B (Olano, 1990).

Los productos lácteos obtenidos por coagulación y en especial el yogur presentan un gel de textura pobre con tendencia a la sinéresis o desuerado. Con la cantidad natural de sólidos de la leche, el gel formado es extremadamente débil y frágil e impropio para uso comercial. La adición de 2-5% de sólidos lácteos como leche en polvo antes de la fermentación puede remediar esta situación.

### **2.6.2. Yogurt.**

El yogurt es una leche fermentada que se obtiene a partir de la acción de ciertas bacterias seleccionadas (*Streptococcus termophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*), las cuales transforman la lactosa en ácido láctico (Bello, 2004).

El valor nutritivo del yogurt es igual al de la materia prima usada. Cuando se agrega azúcar o frutas, la cantidad de hidratos de carbono en el producto y el número de calorías por gramo aumenta considerablemente.

Existe la opinión de que las leches fermentadas, como el yogurt que ayuda a prolongar la vida porque aumentan la flora normal del intestino (Bello, 2004).

Para la elaboración del yogurt se necesita leche de excelente calidad. Si se encuentran trazas de antibióticos, desinfectantes o mastitis pueden frenar el crecimiento bacteriano causando alteraciones en la fermentación.

Además, hay que tener en cuenta que la leche sea fresca y limpia para que no transmita olores desagradables y bacterias al producto final para el consumidor (Bello, 2004).

La leche fresca se vuelve ácida después de algún tiempo. La acidificación es debida a la acción de microorganismos productores de ácido láctico, y que si están presentes ciertas levaduras y posiblemente bacterias específicas, la lactosa se fermenta transformándose también en alcohol (Bello, 2004).

Bellavita y Guananja (1998) utilizaron la pectina GENU en una proporción de 1 al 2% para estabilizar el yogur y obtuvieron que la misma era compatible a un nivel de uso más bajo que la mayoría de los estabilizantes usados corrientemente, como el almidón y la gelatina. Se conoce que la pectina confiere al yogur calidad y estabilidad mediante su interacción con la caseína, la cual juega un papel muy importante en la estructura del gel. Durante la fermentación, las proteínas de la leche, inicialmente moléculas anfóteras, cambian su carga total. En el pH isoelectrico (4,6) la carga total es cero. A un pH mayor, la caseína tiene carga negativa y positiva a un pH menor.

En cuanto a la pectina, no anfótera, su grado de disociación es mínimo a pH 2,5 y máximo a un pH próximo a 6,5. Por lo tanto, la leche presenta carga total positiva a pH bajo, mientras que la pectina, por el contrario, se encuentra cargada negativamente. Es por ello que la pectina se absorbe en la superficie de las micelas de caseína, protegiéndolas de la precipitación y estabilizando el producto (Bellavita y Guananja, 1998).

### **2.6.3. Queso.**

El queso es un producto que resulta de la coagulación de la leche y de la separación de la mayor parte del suero (Bello, 2004).

En el mercado existen infinidad de variedades de queso según la leche de origen, el contenido en agua y los microorganismos característicos involucrados en su maduración, el tratamiento térmico y el porcentaje de grasa presente. Hay dos tipos: naturales y procesados, contiene proteínas (25-35%), lípidos (16-40%), carbohidratos, minerales y vitaminas (Bello, 2004).

Según la FAO el queso fundido debe tener un máximo de humedad del 44 % y un mínimo de grasa de 23%. La suavidad del producto final se logra añadiendo sales fundentes entre ellas, citratos, tartratos y fosfatos que ayudan a la disolución de las proteínas y en la emulsificación de las

grasas. El peso total de las sales fundentes no debe sobrepasar el 3% del peso del producto. Este tipo de queso, por lo general tiene un color intermedio entre amarillo y anaranjado y para su preservación se usa una mezcla de benzoato de sodio con ácido sórbico (Bello, 2004).

El proceso está basado fundamentalmente en transformar la caseína que posee el queso natural a una condición homogénea y sin separación de fases. En este aspecto es muy importante la incorporación de sales fundentes, ya que permiten el reemplazo de iones bivalentes de calcio, que determina la estabilidad de la cuajada en la fabricación del queso.

El queso fresco posee los siguientes componentes:

- **Lípidos:**

Los ácidos grasos en mayor cantidad en el queso son los triglicéridos, pero 5 g/Kg están en forma de ácidos grasos libres. Éstos son fundamentales para contribuir al aroma y al sabor del queso. Este alimento también aporta entre el 3 y el 45 del colesterol total al organismo siendo lo indicado de unos 100 mg/100 g (Brito, 2006).

- **Proteínas:**

El queso es una buena fuente de proteínas útiles para el organismo, las necesidades de un cuerpo adulto son de 1 g proteína/Kg de peso corporal. El valor biológico de las proteínas del queso es algo menor que el de la leche entera, ya que una parte de las proteínas de la leche se pierden en el suero; pero la caseína que es la que queda contiene entre un 91 y un 97 del valor biológico de los aminoácidos esenciales de la leche, que teóricamente es de 100 (Brito, 2006).

- **Lactosa:**

Es el azúcar mayoritario en los quesos, pero sobretodo en los quesos frescos, ya que los quesos maduros pierden bastante en el suero, o por

conversión en ácido láctico y lactatos, durante el proceso de elaboración y fermentación (Brito, 2006).

- **Minerales y vitaminas:**

El queso es una gran fuente importante de micronutrientes; éstos aparecen concentrados en el alimento, debido a su pérdida de agua que se produce durante la maduración. Es una cantidad lo suficientemente grande como para cubrir por completo las necesidades diarias tenemos el calcio, ya sea libre o ligado, y después cubriendo al menos el 50% de las necesidades diarias tenemos el fósforo.

Por otro lado, la concentración de sal común en el queso, al menos en los de pasta cerrada o prensada generalmente suele ser alrededor del 2% (Brito, 2006).

## **2.7. Generalidades del queso fundido o procesado.**

Queso fundido procesado untable o cortable es el producto obtenido por molienda, mezclado, fundición y emulsificación con la ayuda de calor y agentes emulsificantes de una o más variedades de queso aptos para el consumo, con o sin la adición de sólidos lácteos y otros productos alimenticios, tales como crema, mantequilla, grasa de mantequilla, cloruro de sodio y especias (Chile, Ministerio de salud 1970).

Los quesos procesados se clasifican en general en dos grandes grupos: cortables (block) y untable (spread), existiendo diferencias tecnológicas entre ellos (Zehren y Nusbaum, 2000).

El procedimiento para la elaboración del queso fundido se basa fundamentalmente en transformar la caseína del queso natural, a una condición homogénea y sin separación de fases (Zehren y Nusbaum, 2000).

Las moléculas de caseínas en estado original son emulsificantes naturales, pero mediante el proceso de elaboración del queso (formación de la cuajada), se deprime esta propiedad a través de la unión con iones bivalentes de calcio y magnesio (Zehren y Nusbaum, 2000).

Por lo tanto, la cuajada necesita simplemente de la remoción del calcio y reemplazo por iones monovalentes de bases fuertes (sodio). Esto producirá que la caseína sea ionizada y más hidratada en las áreas hidrofílicas de la molécula. A este proceso le conocemos como la ruptura de la proteína láctea, dando como resultado la formación de caseinatos solubles como el caseinato de sodio, siendo este último un excelente emulsificante (Zehren y Nusbaum, 2000).

El queso de tipo untado se caracteriza por tener un cuerpo débil y marcadas características de esparcibilidad. Se busca en este tipo de quesos que tengan finalmente un pH entre 5,7-6,0 un contenido de humedad de 58-60% y un porcentaje de materia grasa de 44-60% en los sólidos totales (Zehren y Nusbaum, 2000).

A diferencia, los quesos de tipo cortables presentan una humedad entre 54-55%, pH entre 5,5-5,7 y materia grasa alrededor de un 45% en materia seca (food and agriculture organization of the united nations, 1981). Como consecuencia de esto, el queso presenta un cuerpo firme, textura cerrada y al cortarlo se pueden obtener rebanadas o tozos en forma definida (Zehren y Nusbaum, 2000).

Según lo señalado por (Spreer 1975), entre las ventajas que destacan la fabricación del queso fundido con relación a otros tipos de quesos, se encuentran:

- El queso fundido posee una capacidad de conservación considerable debido a su tratamiento térmico.

- Las combinaciones diversas de las materias primas permiten obtener una variada gama de productos.
- Su consistencia y presentación en envases individuales hace posible un consumo muy racional y su fácil almacenamiento.
- El queso de cuajada enzimática que ha perdido su presentación comercial pero que aún conserva sus caracteres organolépticos para la nutrición del hombre, puede revalorizarse de nuevo en parte.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Localización y duración del experimento.

El trabajo experimental se realizó en los Laboratorios de Agroindustria, Bromatología y Química de la Universidad Estatal Amazónica ubicada en el Km 2 ½ vía Napo (Paso Lateral), cantón Pastaza, parroquia Puyo, provincia de Pastaza.

#### 3.2. Condiciones meteorológicas.

**Tabla 3.** Condiciones meteorológicas de la Provincia de Pastaza

PARÁMETROS	MEDIDA
Altitud	954 m.s.n.m
Humedad relativa	85%
Temperatura	25,9 °C
Pluviosidad	4500 mm/año

Fuente: Estación meteorológica INAMHI, Pastaza 2015

#### 3.3. Materiales y Equipos.

##### **Materiales.**

- pH metro
- Termómetro
- Erlenmeyer
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Buretas

### **Equipos.**

- Reverbero
- Balanza
- Estufa
- Mufla.
- Equipo kjeldahl
- Equipo determinador de fibra
- Equipo determinador de grasa
- Marmita
- Incubadora
- Caldero

### **3.4. Factores de estudio.**

Los factores de estudio evaluados fueron: el porcentaje de rendimiento de la fibra soluble a partir de cáscara de cacao del tratamiento A (ácido) y el tratamiento B (básico).

Y el efecto de los niveles de adición de fibra en la elaboración de queso fundido y yogurt al 0,5% de fibra soluble de cáscara de cacao, 1% de fibra soluble de cáscara de cacao y al 1,5% de fibra soluble de cáscara de cacao.

### **3.5. Diseño experimental.**

#### *Fase 1*

Para la producción de fibras solubles a partir de la cáscara de cacao, se plantearon las siguientes tecnologías disponibles:

Extracción húmeda ácida: Este método de extracción se realizó mediante adición de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) diluido, la dilución del ácido sulfúrico fue del 72% p/p a una temperatura de 80 °C. (Serrano, 2007)

Extracción húmeda alcalina: Este método de extracción empleó hidróxido de sodio (NaOH), la dilución del hidróxido de sodio fue del 75% p/v a una temperatura de 80 °C. (Juárez-Barrientos et al., 2010).

### Fase 2

Adición de fibra soluble en queso fundido y yogurt.

El diseño experimental que se aplicó para la presente investigación fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones.

El modelo lineal aditivo fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  : Valor estimado de la variable

$\mu$  : Media general

$T_i$ : Efecto de los niveles de FSC

$E_{ij}$  : Error experimental

**Tabla 4.** Diseño de tratamientos de adición de fibra soluble de cáscara de cacao en la elaboración de yogurt.

INGREDIENTES (%)	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Fibra soluble de cáscara de cacao (FSC) (%)	0	0.5	1.0	1.5
Leche (%)	75	75	75	75
Fermento lácteo (%)	25	25	25	25

Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 5.** *Diseño de tratamientos de adición de fibra soluble de cáscara de cacao en la elaboración de queso fundido.*

INGREDIENTES (%)	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Fibra soluble de cáscara de cacao (FSC) (%)	0	0.5	1.0	1.5
Mezcla de quesos (60% queso fresco: 40% queso maduro)	93	93	93	93
Agua (%)	2.5	2.5	2.5	2.5
Mantequilla (%)	1.5	1.5	1.5	1.5
Citrato de sodio (%)	3.0	3.0	3.0	3.0

Fuente: Aguirre, (2015)

### 3.6. Mediciones experimentales.

**Características físico-químicas (cáscara de cacao):** Las determinaciones correspondientes a pH, contenido de humedad, cenizas, fibra, grasa, proteína, paredes celulares.

**Características físico-químicas (fibra soluble):** Las determinaciones correspondientes a pH, retención de agua, solubilidad, capacidad de hinchamiento.

#### Físico – químico del producto final

- pH
- Solidos totales, %
- Grasa (%)
- Cenizas (%)
- Grados Brix
- Fibra (%)
- Proteína (%)

**Evaluación sensorial:** Se realizó una evaluación sensorial afectiva de comparación pareada por preferencia con un panel de 50 jueces no entrenados.

**Análisis Microbiológicos:** Determinación de Aerobios mesófilos, hongos y coliformes.

**Rentabilidad:** Costo / Beneficio.

### **Análisis Estadístico.**

El experimento fue diseñado completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones para realizar las comparaciones en el proceso de producción de Yogurt.

Los tratamientos comparados fueron: Las variables analizadas según un análisis de varianza como: pH inicial, 7 y 15 días, H, MS, Pb, F, G, C y MO.

Antes de realizar el análisis de la varianza se estudió la normalidad de las variables a través de la prueba QQplot con la distribución  $\chi^2$  y los coeficientes de correlación r.

En los casos en que alcanzó diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de (Tukey 1952) (DSH).

Se realizó el análisis de proporciones a través de la prueba de  $\chi^2$ , para comparar los porcentajes evaluados para cada tratamiento en las categorías evaluadas por los catadores (buena, muy buena y excelente) en el Yogurt y el queso fundido.

El procesamiento estadístico se realizó en el software IBM SPSS versión 22.

### **3.7. Manejo del experimento.**

#### **3.7.1. Recepción de materia prima.**

La cáscara de cacao se recolectó de Santa Clara y Arajuno, el peso aproximado de materia prima recolectada fue de 10 kg.

#### **3.7.2. Selección.**

Se seleccionó las cáscaras frescas y en buen estado de maduración, evitando recolectar cáscara contaminadas con hongos.

#### **3.7.3. Limpieza y desinfección de materia prima.**

En esta fase se procedió a la limpieza y desinfección de la cáscara con una solución de hipoclorito al 2%.

#### **3.7.4. Secado.**

El secado se realizó a 65 °C en estufa de aire hasta obtener peso constante para su posterior molienda.

#### **3.7.5. Pesado.**

Se pesó 100 g de la cáscara de cacao seca para proceder con la extracción de la fibra soluble y determinar su rendimiento.

#### **3.7.6. Hidrólisis.**

La hidrólisis ácida se realizará mediante adición de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) diluido a una temperatura de 80 °C, y la hidrólisis alcalina mediante hidróxido de sodio (NaOH), a una temperatura de 80 °C.

### **3.7.7. Formulación de queso fundido y yogurt.**

Una vez obtenida la fibra soluble se procedió a formular los distintos productos con adición de diferentes niveles de fibra, se realizó los distintos tratamientos y las respectivas pruebas para la determinación del mejor tratamiento.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis físico químico de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*)

En la **Tabla 6** se puede evidenciar la composición físico químico de la cáscara de cacao, observándose lo más relevante, el contenido de humedad con un valor de 87,37%. Este desecho agroindustrial es considerado como fuente rica en carbohidratos 48.14% y paredes celulares: fibra cruda 37.26%, FDN 64,89%, FDA 60,97% y Lignina 26,21%.

**Tabla 6.** *Parámetros físico-químicos de la cáscara de cacao*

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	
pH	5,4
HUMEDAD (%)	87,37
CENIZA (%)	7,32
PROTEINA (%)	6,61
FIBRA (%)	37,26
GRASA (%)	0,66
ELN (%)	48,14
CALCIO (%)	0,26
FOSFORO (%)	0,13
FDN (%)	64,89
FDA (%)	60,97
LIGNINA (%)	26,21

Fuente: Aguirre, (2015).

Según Abarca et al. 2010, el contenido de fibra cruda en la cáscara de cacao obtenida fue de 33,26% porcentaje cercano al obtenido en la presente investigación. Tanto el ELN como FC nos sugiere una alta presencia de fibra y sus componentes, altos valores de ELN nos indican presencia de los componentes principales de la fibra soluble e insoluble (carbohidratos complejos).

#### **4.2. Efecto de los tratamientos para la obtención de fibra soluble a partir de cáscara de cacao.**

Por ser el NaOH el que proporciona el medio alcalino en los procesos de pulpado a nivel industrial y el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> el que proporciona el medio ácido, se seleccionaron estos dos métodos químicos que junto a las condiciones establecidas formaron parte de los tratamientos aplicados sobre la cáscara de cacao. En cuanto a la presión y temperatura se trabajó en autoclave las cuales no excedieron los 28 PSI y 121°C respectivamente.

Los resultados obtenidos en la aplicación del tratamiento ácido y alcalino se muestran en el (**Anexo 2, Tabla 7**), donde el porcentaje de rendimiento en el tratamiento mediante hidrólisis térmica ácida es menor 11,53% al tratamiento térmico alcalino 18,31%, igual comportamiento se observa en el porcentaje de fibra soluble con valores de 4,062% para el tratamiento ácido y 8,06% para el alcalino

Se pudo observar una disminución del pH en el tratamiento ácido en comparación al tratamiento alcalino. El tratamiento ácido, el pH del licor negro sufrió la mayor disminución, lo cual supone un aumento en la severidad del tratamiento. De acuerdo con lo mencionado por Giménez, A (2000), "Este comportamiento ocurre debido a que durante el proceso de eliminación de lignina se liberó ácidos carboxílicos (ácido fórmico y acético) como acetilos y metoxilos, los cuales acidifican el licor de cocción

provocando que la degradación no sea completa y por otro lado a altas concentraciones de iones hidrógeno inducen que las reacciones de condensación de los fragmentos disueltos sea excesiva, además de sufrir la celulosa una degradación tal, que se inutiliza el producto para su uso como fibras”.

Con base en estos resultados se seleccionó el tratamiento térmico alcalino por ser el proceso de pulpado con el cual se alcanzó una mayor eliminación de la lignina en la cáscara de cacao.

#### **4.3. Solubilidad de la fibra de cacao en diferentes disolventes**

En el (**Anexo 2, Tabla 8 y Figura 12**) se muestra el porcentaje de solubilidad obtenidos para la carboximetilcelulosa y para la fibra soluble de cacao, observándose que la fibra de cacao presenta solubilidad en agua de 1,74% y baja solubilidad en relación a los otros disolventes. Una mayor solubilidad se observa en la CMC (1,95%) y un comportamiento cercano a la insolubilidad en los demás solventes.

En la solubilidad, el carácter polar o apolar de la sustancia influye mucho, ya que, debido a estos la sustancia será más o menos soluble (Schneeman, 1986).

De acuerdo con lo expresado por Anderson, (1968) “La solubilidad en agua es característico de los éteres de celulosa e insolubles en solventes orgánicos o ácidos diluidos”. La fibra soluble obtenida de las cáscaras de cacao presentan un comportamiento similar a la CMC, posiblemente el comportamiento se deba a que la CMC, se clasifica en el grupo de las fibras solubles.

#### **4.4. Determinación de absorción de agua y capacidad de hinchamiento de la fibra soluble**

En el (**Anexo 2, Figura 13**) se observa que la fibra soluble obtenida a partir de la cáscara de cacao presenta valor promedio de retención de agua a las 24 horas de 3.6 gH<sub>2</sub>O/g Fibra, superior al valor de RA de la CMC 0,8 gH<sub>2</sub>O/g Fibra. Estudios realizados por Francia, y Valencia (2006) muestran valores de retención de agua en fibras dietarias comerciales de 3,8 a 4,1 gH<sub>2</sub>O/g fibra, valores cercanos al reportado en la presente investigación (**Anexo 2, Tabla 9**).

En cuanto a la determinación de la capacidad de hinchamiento la fibra soluble a partir de cáscara de cacao alcanzó valores promedios de 2,5 gH<sub>2</sub>O/g Fibra, al comparar los valores con los reportados por Francia, y Valencia (2006) de 7,1 gH<sub>2</sub>O/g Fibra el valor obtenido en la presente investigación es inferior. Las diferencias en la Capacidad de Hinchamiento pueden tener explicación por la composición química y por los tratamientos realizados para la extracción de las fibras (Robertson, 2000).

#### **4.5. Efecto de la adición de fibra soluble en yogurt.**

##### **4.5.1. pH en Yogurt**

Los valores de pH inicial obtenidos para los distintos niveles de fibra adicionados al yogurt, presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el tratamientos T0 (tratamiento blanco) (4.3) con respecto a los tratamientos T1 (yogurt al 0,5% de fibra), T2 (yogurt al 1% de fibra) y T3 (yogurt al 1,5% de fibra) con valores de pH de 4.97, 5.23 y 5.3, como se puede evidenciar en el (**Anexo 2, Tabla 10**).

En cuanto al pH medido a los siete días el comportamiento entre los tratamientos T0 (yogurt al 0% de fibra) y T1 (yogurt al 0.5% de fibra) difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) de los tratamientos T2 (yogurt al 1% de fibra) y T3 (yogurt al 1,5% de fibra) como se observa en el (**Anexo 2, Tabla 10**).

La estabilidad del pH medido a los 15 días de elaborado no difieren significativamente entre los tratamiento ( $P > 0,05$ ), con valores que van de 4.07 a 4.2, se evidencia que a medida que transcurre el tiempo el efecto de adición de fibra soluble al yogurt influye directamente sobre el valor de pH observados en el (**Anexo 2, Tabla 10**).

Estudios donde se evaluó la adición de fibra a yogurt reportan valores de pH cercanos a los determinados en la presente investigación, autores como: Briceño et al., 2001 señalan que el pH característico del yogurt está entre 3,8 y 4,5. Palacios *et al.* (2005) también indica que el aporte de fibra en yogures incrementa los valores de pH, lo que podría explicar el valor máximo de pH de 5.3 obtenidos en esta investigación.

La adición de diferentes niveles de fibra soluble a partir de cáscara de cacao en la elaboración de yogurt altera el valor de pH, pudiendo mencionar que la fibra no mantiene la estabilidad de pH.

En el (**Anexo 2, Figura 14, 15 Y 16**) el análisis de regresión nos demuestra que existe una correlación mayor al 83% que indica que el pH depende de la adición de fibra soluble al yogurt.

#### **4.5.2. Sólidos Totales o Materia seca**

El contenido de sólidos totales o materia seca en el análisis de yogurt elaborado con diferentes niveles de fibra, presenta diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos, determinando un mejor

comportamiento en el tratamiento T3 (yogurt al 1,5% de fibra) (17.61%) con respecto al tratamiento T0 (yogurt al 0% de fibra) (14.18%) (**Anexo 2, Tabla 11**).

El análisis de regresión que se presenta en el (**Anexo 2, Figura 17**), indica que existe diferencias significativas ( $P < 0,01$ ), ya que por cada nivel de fibra que se incluye en el yogurt los sólidos totales se incrementan en un 0.25%.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son inferiores a los obtenidos por García, L. (2008), quien determinó valores de MS de 18,9% en el tratamiento testigo hasta 23,78% en el tratamiento donde se adicionó el 20 % de fibra de trigo.

Estos valores bajos de sólidos totales encontrados en la presente investigación puede ser debido a que los hidrocoloides como gelatina, goma guar, goma xanthan y carboximetilcelulosa componentes de la fibra soluble, presentan características que incluyen la adhesión, suspensión, floculación, la estabilización de la espuma, y la formación de la película (García. 2008).

#### **4.5.3. Contenido de Ceniza.**

Con respecto al contenido de ceniza en el yogurt elaborado con diferentes niveles de fibra se evidencia que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ), encontrándose el valor más alto en T3 (0.82%), manteniendo el mismo comportamiento con T2 (0,88%) con respecto al T (0.76%), sin adición de fibra (**Anexo 2, Tabla 12**).

Aunque numéricamente se observa que el contenido de ceniza se incrementa por efecto de adición de fibra empleada para la elaboración de yogurt, este comportamiento se debe a que en la fibra soluble al no ser purificada puede presentar restos de fibra insoluble lo que justifica su presencia en el yogurt.

Los valores de ceniza reportados en el presente estudio son inferiores a los que encontrados por García, L. (2008) quien indica que el contenido de ceniza en yogurt elaborado con fibra de trigo contiene 0.91% al adicionar el 20% de fibra.

En el (**Anexo 2, Figura 18**) se observa que el porcentaje de ceniza depende de un 32% de los niveles de fibra soluble obtenida a partir de cáscara de cacao, la diferencia dependerá de factores ajenos a la presente investigación.

#### **4.5.4. Contenido de Proteína.**

Los resultados promedios de proteína obtenidos en la presente investigación no difieren significativamente ( $P>0,05$ ) entre tratamientos, observándose un mejor comportamiento en el T2 (yogurt al 1% de fibra) (3,44%) con respecto al T0 (yogurt al 0% de fibra) (3,27%), el T1 (yogurt al 0,5% de fibra) y T3 (yogurt al 1,5% de fibra) presentan similar comportamiento con valores de proteína de 3,30% y 3,44% respectivamente como se evidencia en el (**Anexo 2, Tabla 13**).

El análisis de regresión nos indica que el porcentaje de proteína depende de un 46% de los niveles de fibra adicionados al yogurt, mientras que la diferencia obedece a otros factores no considerados en la presente investigación, como se evidencia en el (**Anexo 2, Figura 19**).

Un estudio llevado a cabo por García, L. (2008), donde se determinó el efecto de la adición de fibra de trigo en la elaboración de yogurt muestran valores de proteína que van de 5,81 a 6,07% valores superiores al presente estudio. La diferencia marcada puede atribuirse al contenido proteico de las fibras en estudio.

#### **4.5.5. Contenido de Grasa**

El porcentaje de grasa analizado en el yogurt con diferentes niveles de fibra, no registra diferencias significativas ( $P>0,05$ ), entre tratamientos como se puede evidenciar en el (**Anexo 2, Tabla 14**).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son inferiores al realizado por Mejía, V. (2006), en el que indica un incremento en el contenido graso del yogurt al incluir al mismo niveles de *Opuntia ficus* registrando valores promedios de 3.16 a 3.57% en los niveles de 0.0 a 6.0%, de igual manera son inferiores a los datos reportados por Vayas, E. (2002), el mismo que manifiesta que el contenido de grasa en yogures enteros y yogures con frutas son 4.5 y 3.3% respectivamente.

Según Babayemi, (2012) la cantidad de grasa en los yogures bioenteros oscila entre el 1,4% y el 4%. La grasa de "bio" es saturada, pero su contenido en colesterol es muy bajo: unos 10 miligramos por cada 100 gramos. En los biodesnatados, la grasa oscila entre el 0,05% y el 0,2%. (**Anexo 2, Figura 20**).

#### **4.5.6. Contenido de Fibra.**

En la presente investigación el contenido de fibra adicionado al yogurt difieren significativamente entre los tratamientos ( $P<0.01$ ) entre tratamientos, determinando un mejor comportamiento en los tratamientos T1 (yogurt al 0,5% de fibra), T2 (yogurt al 1% de fibra) y T3 (yogurt al

1,5% de fibra) con valores de 0.77%, 1.26% y 1,62% respecto al tratamiento T0 sin adición de fibra soluble. Si observamos en el (**Anexo 2, Tabla 15**), el contenido de fibra va en aumento conforme se adiciona la fibra, es decir la adición de fibra soluble obtenida a partir de cáscara de cacao es directamente proporcional al contenido de fibra cruda en el yogurt. Se evidencia que el tratamiento testigo T0, no presenta porcentajes de fibra.

Según Díaz, (2004). La adición de fibra en la elaboración de yogurt influye de manera directamente proporcional sobre el índice de consistencia y el índice de flujo. Por lo cual, la adición de fibra soluble en la elaboración de yogurt, influye sobre la consistencia y textura.

El análisis de regresión con respecto al contenido de fibra cruda presente en el yogurt, determina que el porcentaje de fibra se incrementa a un 0.077% por cada unidad porcentual de Fibra soluble que se adicione, como se observa en el (**Anexo 2, Figura 21**).

#### **4.5.7. Contenido de °Brix.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de °Brix del yogurt elaborado con fibra se reportan diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre medias de los tratamientos, registrándose que el valor más alto alcanzó el tratamiento T3 (yogurt al 1,5% de fibra) (13.60), respecto al tratamiento T0 (yogurt al 0% de fibra) con 12.86 grados Brix, como se muestra en el (**Anexo 2, Tabla 16**).

Comparando los resultados obtenidos en la presente investigación con los de Salamanca, F. (2007), quien obtuvo valores medios de Brix de 18,54 en el yogurt elaborado con pectina, estos son inferiores, este comportamiento pudo deberse a lo manifestado por Delorme, J. (1980),

“Los grados Brix son la medida de los sólidos solubles presentes en una solución”, en este caso representan a los azúcares en general disueltos en el yogurt. La disminución de los grados Brix se debe a un fenómeno de dilución del soluto en este caso la fibra no presenta sustancias solubles.

En la (**Anexo 2, Figura 22**), se muestra la relación directamente proporcional del efecto de adición de fibra con el contenido de grados Brix. La correlación que existe entre la adición de fibra y los grados están en un 26,98%.

#### **4.6. Efecto de la adición de fibra soluble en queso fundido.**

##### **4.6.1. pH.**

Con relación al pH, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni con el control ( $p > 0.05$ ), por lo cual los niveles de fibra adicionados en el presente estudio no afectaron el valor de pH de las formulaciones en el queso fundido. Esto coincide con lo señalado por (Maruyama, 2006) quien indica que el pH del queso procesado está determinado por el tipo y concentración de emulsificante utilizado el mismo que oscila entre 5,21 y 5,80. En el (**Anexo 2, Figura 23**), se evidencia el comportamiento del pH en cada tratamiento.

##### **4.6.2. Humedad.**

Al aplicar el análisis de varianza; mostro que existe diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos, el T3 (queso al 1,5% de fibra) presente el mejor comportamiento con un valor de humedad de 54,71% con respecto al tratamiento control T0 (queso al 0% de fibra) de 55,36% como se observa en el (**Anexo 2, Tabla 17**).

Según lo afirma (Zenhren y Nusbaum, 2000) “El queso de tipo fundido se caracteriza por tener un cuerpo débil y marcadas características de untabilidad. Se busca en este tipo de quesos que tengan finalmente un pH entre 5,7-6,0 un contenido de humedad de 58-60%”. El tratamiento cercano al valor reportado fue el T3 (queso al 1,5% de fibra) con 57,98% de humedad.

El análisis de regresión del (**Anexo 2, Figura 24**), muestra que el contenido de humedad depende en un 87.8% con respecto al contenido de fibra añadida.

#### **4.6.3. Proteína.**

El contenido de proteína en el queso fundido elaborado con diferentes niveles de fibra, presentó diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), se determinó un mejor comportamiento en el contenido de proteína en T1 (queso al 0,5% de fibra) con 13,51%, como se puede observar en el (**Anexo 2, Tabla 17**).

Un estudio realizado por Aceves, (2013), donde se analizaron 29 marcas de queso fundido Oaxaca comercial (industriales y artesanales) determinándose su contenido de proteína que oscila entre 15 % - 22 % con 43 % - 56 %, valores superiores a los encontrados en la presente investigación.

Según (Atzi y Ainia 1999), el uso de los hidrocoloides como agentes espesantes o gelificantes se puede emplear para otros propósitos como la fijación de aromas, control de cristalizaciones, formación de complejos con las proteínas, ayudan a la suspensión de sólidos y estabilizan las

emulsiones y espumas. Este comportamiento pudo afectar el contenido de proteína en el queso fundido.

En la (**Anexo 2, Figura 25**), se observa que la correlación de la adición de fibra con respecto al contenido de proteína depende de un 93%.

#### **4.6.4. Fibra.**

En la presente investigación el contenido de fibra adicionado al queso fundido difiere significativamente entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ).

La adición de fibra soluble como la CMC a productos lácteos como queso y yogurt se emplea principalmente como producto de relleno ya que evita la sinéresis, actuando como agente antigumoso y emulsificante (Atzi y Ainia 1999).

El contenido de fibra en queso fundido pudo ser por la presencia de fibra insoluble puesto que el producto obtenido en la presente investigación no fue purificado.

En el (**Anexo 2, Figura 26**), se muestra un 93% de correlación entre la adición de fibra soluble con el contenido de fibra en el queso fundido.

En cuanto al contenido de Grasa 4,63%, Ceniza 2,43% y Materia orgánica 2,34% estos resultados no difieren significativamente.

#### **4.6.5. Viscosidad y firmeza**

Las gomas, también llamadas hidrocoloides, son aditivos alimentarios que permiten modificar la textura en el producto final, optimizando la cohesividad, consistencia, apariencia y retención de agua. Además permiten reducir costos a través de la disminución del contenido de

sólidos por el reemplazo de las proteínas y la materia grasa de las formulaciones, mantenido la textura del producto final (Ye et al., 2009). La viscosidad y la firmeza son los parámetros de textura que mejor se correlacionan al contenido de fibra que se adicione.

En la presente investigación ambos parámetros presentan diferencias altamente significativamente ( $P < 0.01$ ) como se observa en el (**Anexo 2, Tabla 17**).

Los prototipos de queso fundido evaluados se encuentran en una zona donde la firmeza fluctúa entre 6.5 y 7.8 gr/cm<sup>2</sup>. Como señala Gelymar, (2006) la firmeza sobre estos valores se obtiene productos que se asemejan más a quesos de tipo cortable, en tanto por debajo de este límite se obtienen productos de muy baja consistencia.

La adición de hidrocoloides o fibras solubles como el almidón provoca un incremento en la firmeza del queso al actuar como “adhesivo” uniendo las caseínas, por otro lado, absorbiendo agua en el sistema (Ye et al., 2009). Similar comportamiento puede observarse en la presente investigación.

#### **4.7. Análisis microbiológico del yogurt y queso fundido con diferentes niveles de fibra soluble.**

En el (**Anexo 2, Tabla 18**), se muestran los resultados del análisis microbiológico al que fueron sometidos los productos, con resultados aceptables, ya que se encuentran dentro de los parámetros de aceptabilidad.

Por otro lado (Alais, C. 1999), afirma que la pasteurización en la leche permite una reducción de microorganismos patógenos, puesto que la temperatura aplicada es de 65<sup>0</sup>C durante 30 minutos.

Con respecto a las Normas INEN2395:2011, señala que la carga bacteriana total no sobrepasa las 500 UFC/mL, como se observa en el (**Anexo 2, Tabla 19**) debiéndose posiblemente, la presencia de estos microorganismos a algún factor externo como posible contaminación del producto.

#### **4.8. Valoración organoléptica del yogurt y queso fundido.**

La valoración organoléptica se realizó en los diferentes tratamientos, la valoración para la medición de cada parámetro evaluado se evidencia en el (**Anexo 2, Tabla 20**).

##### **- Yogurt.**

En la evaluación organoléptica realizada en yogurt en el (**Anexo 2, Tabla 20**) se observa que tanto para el olor como el sabor no difieren significativamente ( $P > 0.01$ ) entre los dos tratamientos analizados, se evidencia una mínima variación numérica en la aceptabilidad de las muestras por parte de los panelistas.

En cuanto al color y la textura en el yogurt estos parámetros presentan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos T0 (yogurt al 0% de fibra) y T1 (yogurt al 0,5% de fibra), la mejor aceptabilidad en cuanto al color lo obtuvo el tratamiento T0 (yogurt al 0% de fibra) con 4,70 puntos sobre 5, y en textura el T1 (yogurt al 0,5% de fibra) evidencia la mejor aceptabilidad con 4,62 puntos.

## - **Queso.**

En el análisis organoléptico realizado en el queso fundido el comportamiento es similar observándose que el olor, sabor, y textura no presentan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, se evidencia diferencia significativa únicamente para el color ( $P < 0.05$ ), siendo el tratamiento T1 (queso al 0,5% de fibra) el de mejor aceptabilidad con 4.28 sobre 5 puntos.

Según Salcedo, (1998), indica que los principales defectos del color puede provocarse por mala distribución de los ingredientes en el momento de colorear la muestra, color no natural, debido al empleo de colorantes inadecuados y materias extrañas; poco color, falta de colorante; puntos pigmentados, colorantes no disueltos totalmente.

La Norma INEN 710 (1966), manifiesta que “Podrá añadirse a los productos lácteos frutas frescas o desecadas, puré de frutas, pulpas, conservas, jarabe o jugo; y se podrá o no agregar azúcar, debiendo hacerse referencia que a todos los tratamientos se asignó las mismas proporciones de aditivos y azúcar, por lo que no se considera a ésta como una fuente de variación, sino más bien los valores están sujetos a la aceptación del panel de catadores.

### **4.9. Análisis beneficio costo del yogurt y queso fundido.**

Con respecto al análisis económico del yogurt y queso fundido elaborado con distintos niveles de fibra soluble podemos indicar que la única variación que se realiza en cuanto a costos de producción fue la cantidad de fibra adicionada a los productos en cada tratamiento.

El tratamiento que obtuvo mayor beneficio costo fue T1 (yogurt al 0,5% de fibra) con 1,67 ctvs. con una producción de 1,35 L de yogurt, seguido del tratamiento T0 (yogurt al 0% de fibra) con 1,62 ctvs. a partir de 1,20 L. el tratamiento que obtuvo menor beneficio costo a pesar de mantener igual producción que el T1 (yogurt al 0,5% de fibra) fue el tratamiento T3 con 1,49 ctvs.

El análisis beneficio costo para el queso fundido, los costos de producción para cada tratamiento fueron de 1.00 ctvs. (T1) (queso al 0,5% de fibra), 1.04 ctvs. (T2) (queso al 1% de fibra), 1.07 ctvs. (T3) (queso al 1,5% de fibra), 1.11 ctvs. Siendo su producción de 140 g de queso fundido para los tratamientos con adición de fibra y 120 g para el tratamiento testigo.

Las fibras solubles, también llamadas hidrocoloides, son aditivos alimentarios que permiten modificar la textura en el producto final, optimizando la cohesividad, consistencia, apariencia y retención de agua. Además permiten reducir costos a través de la disminución del contenido de sólidos por el reemplazo de las proteínas y la materia grasa de las formulaciones, mantenido la textura del producto final (Gelymar, 2006).

La funcionalidad deseada de los hidrocoloides se logra generalmente en concentraciones del 2% o inferiores ya que muchos presentan una capacidad limitada de dispersión (Fennema, 2003). El método de adición depende del producto elaborado y del estabilizante utilizado. En el caso de las gomas solubles en agua caliente la dispersión puede ser facilitada disolviendo primero en agua fría.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES.

- El análisis de la cáscara de cacao reportó una composición química considerable especialmente en el contenido de humedad con un valor de 87,37%. 48,14% carbohidratos y paredes celulares: fibra cruda 37.26%, FDN 64,89%, FDA 60,97% y Lignina 26,21%. Considerándose como un residuo agroindustrial rico en carbohidratos solubles e insolubles.
- El tratamiento alcalino empleado para la obtención de fibra soluble propuesto en la presente investigación permitió obtener un porcentaje de rendimiento de 18,31% frente al tratamiento ácido de 11,53 %.
- Al realizar la comparación de la fibra soluble obtenida frente a la CMC, mediante pruebas de solubilidad, retención de agua y capacidad de hinchamiento, su comportamiento fue muy similar entre ambas, evidenciándose también fracciones de fibra insoluble.
- Es factible elaborar yogurt y queso fundido adicionando fibra soluble obtenida de la cáscara de cacao, hasta un porcentaje no mayor del 1% como parte de la formulación, logrando obtener un producto de mejor aceptación mediante pruebas sensoriales, instrumentales y bromatológicas, siendo significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) frente al tratamiento control.
- El mejor beneficio costo en el yogurt se obtuvo con el tratamiento T1 (yogurt al 0,5% de fibra) (1,67 ctvs.), y en el caso del queso fundido el mejor tratamiento fue el T3 (queso al 1,5% de fibra) (1,11 ctvs.), sin embargo su aceptación fue menor.

## **CAPITULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES.**

- Realizar un estudio específico acerca de la purificación de la fibra soluble así como su grado de sustitución.
- Determinar el contenido de fibra soluble de otros residuos agroindustriales de interés industrial.
- Investigar el efecto que pueda provocar la fibra soluble en bebidas lácteas en condiciones de pH bajos.
- Difundir los resultados de esta investigación a empresas destinadas a la elaboración de alimentos funcionales con la finalidad de incorporales en el mercado.

## CAPITULO VII

### 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Aceves, J. (2013). Processed Cheese Manufacture. Ladenburg GmbH. (5). Pp.243-2257.
- Alais, C. (1999). Yogur con *GENU pectinas*. Tecnología Láctea Latinoamericana, (11), pp. 29-30.
- Alba, (1954). Identificación de fibra dietaría en residuos de cacao (theobroma cacao l.) Variedad complejo nacional por trinitario. Escuela de ingeniería en industrias agropecuarias área biológica. Universidad técnica particular de Loja, Loja – ecuador.
- Albrecht D, Guthke R, Brahage, A & Kniemeyer (2010), Integrative analysis of the heat shock response in aspergillus fumigatus.
- Alonso. P, (2011). Manual de histología vegetal. Editorial ediciones mundi-prensa. Madrid-España.
- Anderson, A. (1968). Evaluación del uso de carrageninas en bebidas lácteas
- Andrade, (2010), “Determinación de los parámetros óptimos en la elaboración de vino de miel de abeja, utilizando dos tipos de aglutinantes naturales, mucílago de cadillo negro (*triumfetta lappula l.*) Y mucílago de nopal (*opuntia ficus indica*), como clarificantes”.Universidad Técnica del norte, Ibarra – Ecuador.
- Anecacao, MAGAP. (2012). Informe situacional de la cadena del cacao. N° 1.
- Angel T, 2012. Recubrimientos comestibles: aplicación a frutas y hortalizas. Rev. Alim equip tecnol. 130-135.
- Angel T, Jacons J, Spudich S, Gritsenko M, Fuchs D, Liegler T, Zetterberg H, Camp D. Price R & Smith R. (2012) the cerebrospinal fluide proteome in hiv infection: Change associated with disease severity.
- Atzi y Ainia. (1999), Taninos de tara: su ácido gálicoy esterres, rev. El ingeniero químico, pp. 17-21.

- Awolunate (1983). Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de theobroma cacao . De una industria chocolatera colombiana. Universidad tecnológica de Pereira facultad de tecnologías escuela de química Pereira.
- B. Rivas Torres. B, Aliakbarian. P, Torre. P, Perego. J, M. Domínguez, Y. Zilli and A, “vanillin bioproduction from alkaline corn cob by escherichia coli jm109/pbb1,” enzyme and microbial technology.
- Bayemi. (2012), Evaluación de mezclas de cáscara de vaina de cacao y pasto de guinea. Revista de la facultad de química farmacéutica, universidad de antioquia, Medellín -Colombia. Vol 11, nº 2, pp. 12-7.
- Bellavita, R. y Guananja, G. (1998). Yogur con genupectinas. Tecnología láctea latinoamericana, (11), pp. 29-30.
- Bellavita, R. y Guananja, G. (1998). Bebidas lácteas refrescantes. Tecnología láctea latinoamericana, (12), pp. 48-51
- Bermúdez y et al., (2002), Methylacion análisis of pectic polysaccharides from the cotyledons of the White mustard: Biochemical journal. Vol. 115 pp. 431-439.
- Betancourt, I. (2009). Extracción de pectinas a partir de los subproductos del beneficio del cacao. Tesis Universidad eafit. Escuela de ingeniería. Departamento de ingeniería de proceso. Medellín, Colombia.
- Bonvehi, J., & Beneria, M. (1998). Composition of dietary fibre in cocoa husk. Zlebensm utersforsch.
- Brenes (1990). Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*theobroma cacao l.*) Food chemistry vol. 104, pp. 948-54.
- Briceño et al, (2001). Cellulose ethers. In Ullmann’s encyclopedia of industrial chemistry. pp. 461-488.
- Brito, C. (2006). Guía de práctico queso Chanco. Tecnología de Productos.
- Bufo, (2001). Advances in colloid and interface science. Article in press, pp. 14.
- Cabeza et al., (2002). Food oral processing—a review. Food.

- Cano S., Iván, Capetillo R, Maholí, Cardenas C, Mariana, Carrillo G, Raúl. Cartes I, (2011), Daniel rol de la fibra dietaria en animales no rumiantes. Facultad de ciencias veterinarias y pecuarias. Universidad de Chile, Chile.
- Cg-sena (2009). Dietary fibre in cocoa shell: characterisation of component polysaccharides food chemistry. pp. 103-12.
- Instituto nacional de normalización. Leche y productos lácteos. Chile. Determinación de pH. Norma Chilena 1671.
- Chyrel A. Mayfield, (2007), sustainable forestry for bioenergy & bio-based products, biomass and bioenergy, pp.631–637.
- Comerciales de fibra dietaria, (2006), Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica issn volumen 13 n° 2, Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. pp. 54-60.
- Di Gioia, I. Sciubba, I. Setti, F. Luziatelli, M. Ruzzi, D. Gzanichelli and F. Fava biovanillin from wheat bran,” *technology*, vol. 41, pp. 498
- Danisco, S. (2006). Ingredientes con beneficios funcionales. Revista énfasis alimentación, n° 5.
- Delorme, J. (1980). Química de los alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España.
- Dias. L. (2004). Comparative study of shear degradation of carboxymethylcellulose and poly (ethylene oxide) in aqueous solution. *Polymer Degradation and Stability*. (3): pp. 331-337.
- Dolz, M., Hernandez, M., Delegido, J., Alfaro, M.C. y Muñoz, J. (2007), Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behaviour of food emulsions containing modified starch. En: *journal of food engineering*. No. 81, pp. 179–186.
- Fennema (1993), Alimentos: química de sus componentes, academic press, U.S.A. fermentadas. Tesis Ingeniero en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. pp.134.
- Fernandez Sanz M. Hydrocolloids in foods: Thickener, gelling agent and stabilizer effects. Sodic carboximethylcellulose. pp.6.

- Flacso-mipro. Centro de investigaciones económicas y de micro, pequeña y mediana empresas, boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES, 2012.
- Food and agricultural organization of the United Nations (FAO), (1981). Manual de elaboración de quesos. Equipo regional de fomento y capacitación en lechería para américa latina.
- Food, William y Belimer. (2010), Hidrocoloides and agricultural organization. Chemical extractions of foods. 3(5), pp. 253-432.
- Francia E. Valencia G, (2006). Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados
- Franco, J. M., Berjano, M., y Gallegos, C. (1997). Linear viscoelasticity of salad dressing emulsions. Journal of agricultural y food chemistry. Vol. 45 no. 3, pp. 713–719.
- Garcia. (2008). Efecto de la Adición de Tara-Cassia sobre KII en Propiedades
- Gelymar. (2006). Estudio de estabilidad térmica de de goma guar nativa y depolimerizada y efecto sinérgico con goma xántica. pp. 4.
- Gil H., Ángel, (2010). Tratado de nutrición 2ª ed., tomo editorial medica panamericana. Madrid-España.
- Giménez, A.; Ríos, N. y Moglia, G. (2000). Relación albura-duramen en tres especies arbóreas de la región chaqueña seca. Revista de ciencias forestales. Quebracho (8): pp. 56-6.
- Godoy, N. (2002). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de compost en la facultad de agronomía de la universidad central de Venezuela.
- Guerrero C., Ana Carolina. (2011) "Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de celulosa". Investigacion. Ingenieria ambiental. Universidad politécnica salesians sede cuenca.
- Juan Manuel Bello L. (2004). Revista digital Universitaria. Productos lácteos: de la metamorfosis (5).
- Juárez-Barrientos, J.M.; Ramírez-Figueroa, E.; Herman-Lara, E.; Nogueira-Terrones, H. and Ramírez- Rivera, E. (2010). Properties of carboxymethyl cellulose (CMC) obtained from pineapple (*Ananas comosus*) and mamey

sapote peel (*Pouteria sapota*) mixes. In Innovations in food science and food biotechnology in developing countries. México: Asociación Mexicana de Ciencia de los Alimentos, A. C. pp. 281-290

- Kok, (2007). Thermal and storage stability of nutraceuticals in a milk beverage dietary supplement, journal of food science. Vol. 72
- Lácteos, ITCL 272. Universidad Austral de Chile. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Valdivia. pp. 6.
- Larragán, (1958), Manejo Integral del Cultivo del Cacao, Facultad de Agronomía U.C.V., Venezuela.
- M. L. Cayuela, Millner, S. L. F. roig, (2008.) "Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes," science of the total environment (399), pp. 11 – 18,
- Martínez, R., Muñoz, J., Torres, M., Vargas G. (2010). Residuos de café, cacao y cladodio de tuna: fuentes promisorias de fibra dietaria revista tecnológica ESPOL – rte, vol. 23, n. 2, pp. 63-69.
- Mejía Palencia (2002). Manejo Integral de residuos sólidos. Rev. Carta Trimestral. Centro de Investigación de cacao. Cali-Colombia. (2). pp. 34-36.
- Mejia y Palencia, (2006). Tamine, A. y Robinson. Yogurt. Science and Technology. Oxford: Pergamon Press.
- Mora (2011). .Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras de celulosa. Investigacion. Ingenieria ambiental. Universidad Politécnica Salesians sede Cuenca.
- Multon J. I. (2000). Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. Zaragoza: acribia s.a.
- Nossa, (1994). Handbook on seedling evaluation. 2<sup>a</sup> Edition. The Internacional SeedTesting Association (ISTA). Zurich.130.
- Oddoye, (2012), Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the esther methoxyl content of pectin by saponification and titration. Methods in carbohydrate Chemistry. pp.189.
- Olano, A. (1990). Aspectos nutricionales y terapéuticos del yogur. Alimentación: equipos y tecnología, (3). pp. 134-139.

- Padrón G, (2004). Efecto de la cáscara de cacao en la obtención de espumas de poliuretano para uso hortícola. Propiedades físicas y de biodegradabilidad rev. Soc. Quím. México., pp. 156-64.
- Palacios et al., (2005). Leche y Productos lácteos. Chile. Determinación de pH. Norma Chilena.
- Revilla, A. (1982). Tecnología de la leche. Procesamiento, manufactura y análisis. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José. pp. 399.
- Rivas B. Torres (2009), Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Vol 13 número 2, pp. 54-60.
- Robertson J, (2000). Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. Lebensm. Wiss Technol (33): pp.72-9
- Rodríguez. R, (2003), Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients.
- Salamanca, F. (2007). Sisal fibres and their constituent non-cellulosic polymers. Industrial Crops and Products. 6(1). pp. 17-26.
- Schneeman, B. (1986). Physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects, food technol. pp. 104- 109.
- Serrano, J.C. 2007. Obtención y caracterización de carboximetilcelulosa (CMC) a partir del bagazo de piña. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Oaxaca, México.
- Spreer, E. 1975. Lactología industrial. Zaragoza, acribia. pp. 461.
- Suárez, C. (2003). Utilización de dos métodos en la extracción húmeda de mucílago de semilla de algarrobo. (*Prosopis chilensis* Stuntz). Memoria ingeniero agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de ciencias agrónomas, Chile.
- Taherian et., (2007). Ciencia y tecnología de alimentos vol. 18, no. 3.
- Taiz, Lincoln, Zeiger, Eduardo. (2006). Fisiología vegetal. 3º ed., vol. 2 editorial publicaciones de la universidad jaume i. Castello de la plana- España.

- Valdez Vazquez et al., (2010). instituto de nutrición y tecnología de alimentos, Universidad de Chile: Santiago de Chile. P. 31.
- Valencia. (2004), La fibra dietaria como alimento funcional vitae, revista de la facultad de química farmacéutica, universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. Vol 11, no 2, pp. 12-7.
- Van Soest, P. J. (1982) Nutritional ecology of the ruminant animal.
- Vayas, E. (2002), *Control de calidad de la leche y sus derivados*. Universidad de Los Andes. Mérida.
- W. Parawira, J. S. Read, B. Mattiasson and I. Björnsson, (2008). "Energy production from agricultural residues. High methane yields in pilot stage anaerobic digestion, "biomass and bioenergy vol. 32, pp. 44 – 50,
- Williams y Phillips, (2006) comportamiento reológico de soluciones acuosas, comparación con el de las gomas guar y garrofin, rev.agroquímica tecnología alimentaria, (28): pp. 251-257.
- Yaseen, E.I., Herald, T.J. Aramouni, F.M. y Alavi, S. (2005). Rheological properties of selected gum solutions food research international. (38): p. 111–119.
- Ye et al., (2009). Desarrollo tecnológico de queso procesado (fundido) untable con diversas proporciones de queso de cabra/queso de vaca. Tesis de Licenciatura Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia. Chile. 62 p
- Zehren, V. y Nusbaum, D. (2000). Cheese process. Cooley. Madison, Wisconsin. pp. 364.
- Ziegler, Ekhard E., Filer, L.J, (1997). Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª ed., editorial copublicacion organización panamericana de la salud e instituto internacional de ciencias de la vida. Washington.
- Zuleta A. (2005). Efectos nutricionales y fisiológicos de las fibras. Reseña sobre fibras insolubles. En: primer simposio internacional sobre alimentos funcionales. Buenos Aires, Argentina.

## CAPITULO VIII

### 8. RESUMEN

En el Laboratorio de Agroindustria y Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica se evaluó el método óptimo para la extracción de fibra soluble a partir de cáscara de cacao y el efecto de adición de fibra soluble en el yogurt y queso fundido, ajustado bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. La cáscara de cacao reportó una composición química considerable en el contenido de humedad con un valor de 87,37%. 48.14% carbohidratos y paredes celulares: fibra cruda 37.26%, FDN 64,89%, FDA 60,97% y Lignina 26,21%. El tratamiento alcalino permitió obtener un porcentaje de rendimiento de 18,31% frente al tratamiento ácido de 11,53%. La solubilidad, retención de agua y capacidad de hinchamiento permitió comparar la fibra obtenida con la CMC, evidenciándose también fracciones de fibra insoluble. Fue factible elaborar yogurt y queso fundido adicionando fibra soluble hasta un porcentaje no mayor al 1% para obtener un producto de mejor aceptación mediante pruebas sensoriales, instrumentales y bromatológicas, siendo significativamente diferente ( $P < 0.05$ ) al tratamiento control. El beneficio costo en yogurt se obtuvo con el T1 (1,67 ctvs.), y en el caso del queso fundido fue el T3 (1,11 ctvs.), sin embargo su aceptación fue menor. La adición de fibra soluble logró incrementar el contenido de sólidos.

**Palabras claves:** fibra soluble, CMC, cacao, cacao extracción.

## CAPITULO IX

### 9. SUMARY

In the Laboratory of Agribusiness and Food Science of the Amazon State University optimal method for the extraction of soluble fiber was evaluated from cocoa shell and the effect of addition of soluble fiber in the yogurt and cheese, set under a complete design random, with three repetitions. Cocoa Shell reported a significant chemical composition in the moisture content with a value of 87.37%. 48.14% carbohydrates and cell walls: crude fiber 37.26%, 64.89% FDN, FDA 60.97% and 26.21% Lignin. The alkali treatment yielded a rate of return of 18.31% compared to 11.53% acid treatment. Solubility, water retention and swelling capacity possible to compare the fiber obtained with CMC, demonstrating also fractions of insoluble fiber. It was feasible to produce yogurt and cheese by adding soluble fiber to a percentage no greater than 1% for better product acceptance by sensory, instrumental and qualitative evidence, being significantly different ( $P < 0.05$ ) to the control treatment. The yogurt cost benefit was obtained with T1 (1.67 cents.), And in the case of cheese was T3 (1.11 cents.), But was lower acceptance. Adding soluble fiber able to increase the solids content.

**Keywords:** soluble fiber, CMC, cocoa, cocoa extraction.

## CAPITULO X

### 10. ANEXOS

#### Anexo 1. Fotografías.

**Fotografías 1.** Caracterización de la materia prima (*Theobroma cacao* L.).



a. Selección de la materia prima



b. Molido de la cáscara



c. Secado de la cáscara



d. Muestra seca



e. Molino de alimentos



f. Muestra molida



g. Análisis de humedad

## Fotografía 2. Obtención de fibra soluble.



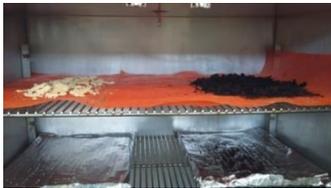
a. Tratamientos AyB



b. Muestras en el autoclave



c. Lavado



d. Secado de las muestras AyB



e. Adición de químicos a cada muestra



f. Resultado tratamiento B



g. Resultado tratamiento A

### Fotografía 3. Formulación del queso fundido y yogurt.



a. Materia prima



b. Ingredientes



c. Elaboración del yogurt



d. Queso fundido

### Fotografía 4. Cataciones

Cataciones queso fundido



Cataciones Yogurt



## **Anexo 2. Tablas y figuras de resultados.**

**Tabla 7.** Solubilidad de la Fibra obtenida a partir de cáscara de cacao

	MÉTODO A (Acido)	MÉTODO B (Alcalino)
% Celulosa	35,99	39,74
% Fibra soluble	4,062	8,06
%Rendimiento	11,53	18,31

Fuente: Aguirre, M. (2015).

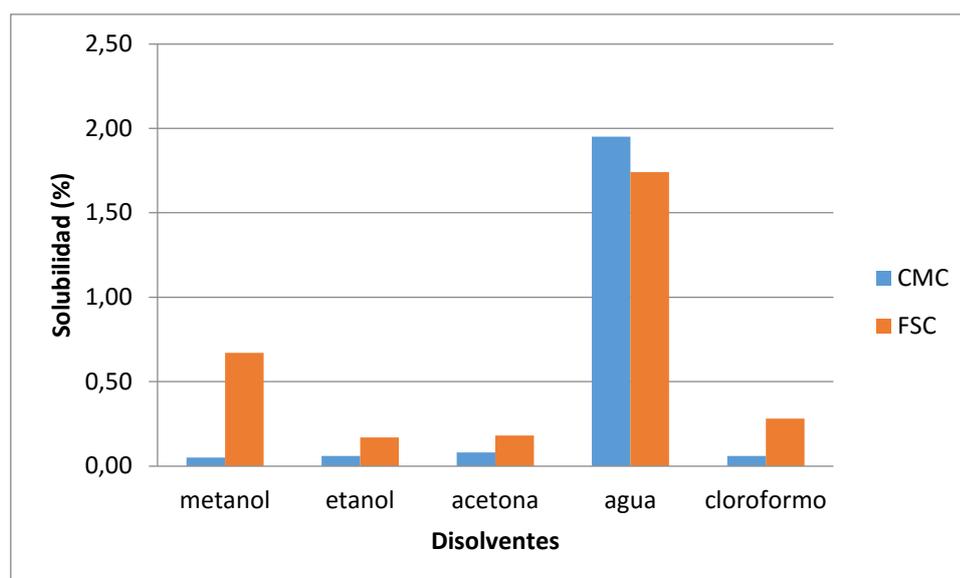
**Tabla 8.** Solubilidad de la Fibra obtenida a partir de cáscara de cacao.

Solubilidad (%)	Metanol	Etanol	Acetona	Agua	Cloroformo
<b>CMC</b>	0,05	0,06	0,08	1,95	0,06
<b>FSC</b>	0,67	0,17	0,18	1,74	0,28

**CMC:** Carboximetilcelulosa. **FSC:** Fibra soluble de cacao.

Fuente: Aguirre, (2015).

**Figura 12.** Solubilidad de la fibra de cacao y Carboximetilcelulosa en diferentes solventes



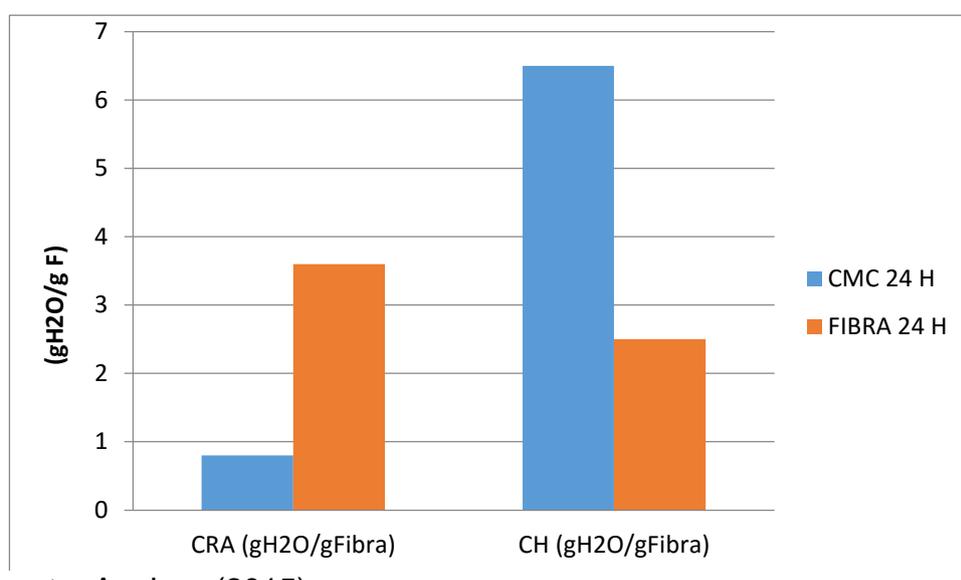
Fuente: Aguirre, (2015).

**Tabla 9.** Determinación de la capacidad de retención de agua y capacidad de Hinchamiento de la fibra soluble.

MUESTRAS	CRA (gH <sub>2</sub> O/gFibra)	CH (gH <sub>2</sub> O/gFibra)
CMC 24 H	0,8	6,5
FIBRA 24 H	3,6	2,5

Fuente: Aguirre, (2015).

**Figura 13.** Capacidad de retención de agua y capacidad de hinchamiento de la fibra soluble



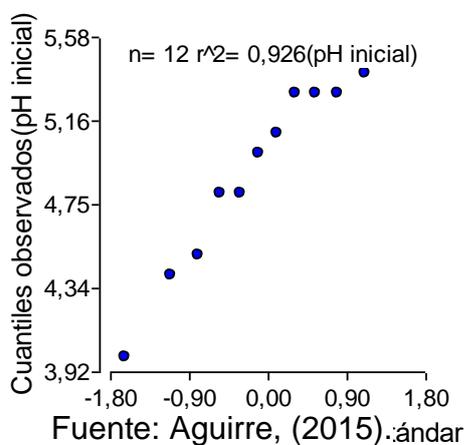
Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 10.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre el pH en yogurt

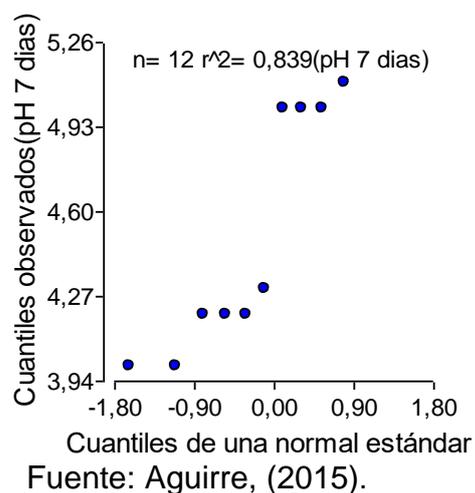
	T0	T1	T2	T3	PROBABILIDA D	EE	CV
pH inicial	4,3 <sup>a</sup>	4,97	5,23	5,3b	0,0037	0,141	4,91
		b	b			4	
pH 7 días	4,17	4,13 <sup>a</sup>	5,03	5,13	0,0001	0,057	2,5
	a		b	b		7	
pH 15 días	4,1 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	4,1a	4,07	0,615	0,057	3,06
				a		7	

Fuente: Aguirre, (2015).

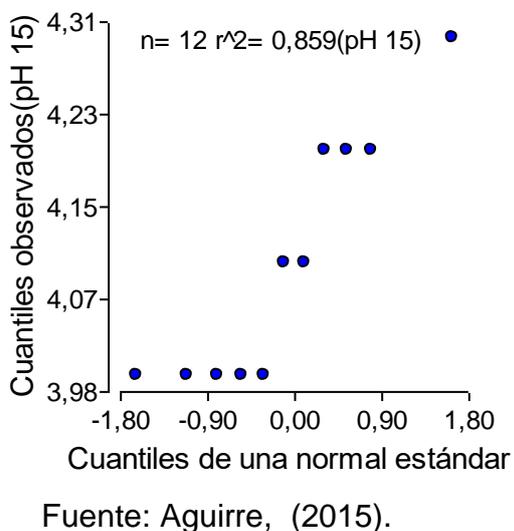
**Figura 14.** pH inicial en



**Figura 15.** pH en yogurt a los 7 días



**Figura 16.** pH en yogurt a los 15 días



**Tabla 11.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre el ST en yogurt.

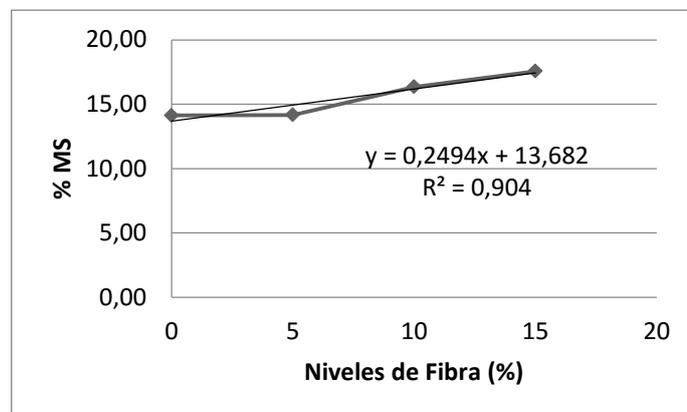
F. Var	Gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	11	24,05			
Tratamientos	3	23,36	7,79	90,96	1,60E-06
Error	8	0,68	0,09		
CV %			1,87		
Media			15,68		

ADEVA. Fuente: Aguirre, (2015).

Tratamientos	Media	Rango
T0	14,18	d
T1	14,54	c
T2	16,40	b
T3	17,61	a

Separación de medias según Duncan ( $P < 0,05$ )

**Figura 17.** Línea de regresión de MS en el yogur con distintos niveles de fibra.



Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 12.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre ceniza en yogurt.

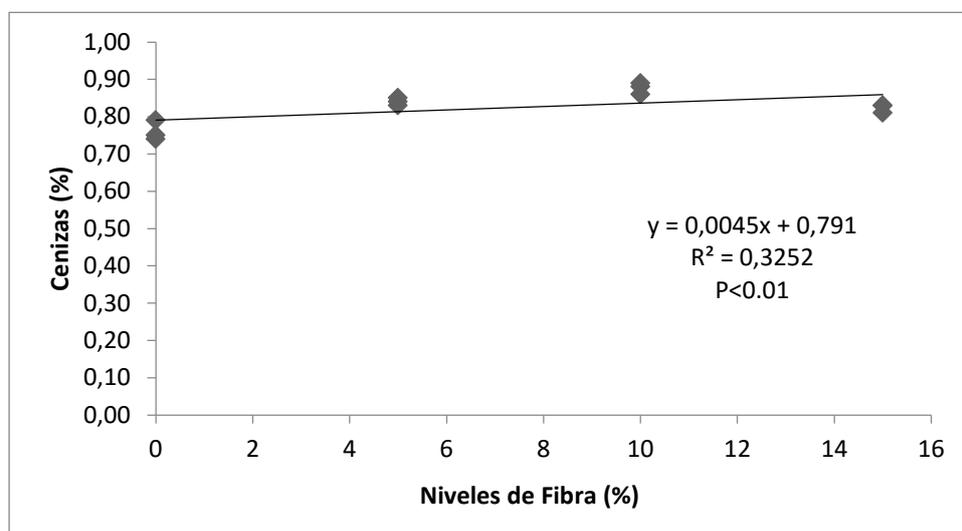
F. Var	Gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	11	0,02			
Tratamientos	3	0,02	0,01	24,42	2,22E-04
Error	8	0,00	0,00		
CV %			2,07		
Media			0,83		

ADEVA. Fuente: Aguirre, (2015)

Tratamientos	Media	Rango
T0	0,76	c
T1	0,84	b
T2	0,88	ab
T3	0,82	a

Separación de medias según Duncan (P < 0,05)

**Figura 18.** Línea de regresión de Cz en el yogur con distintos niveles de fibra.



Fuente: Aguirre, (2015).

**Tabla 13.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre proteína en yogurt

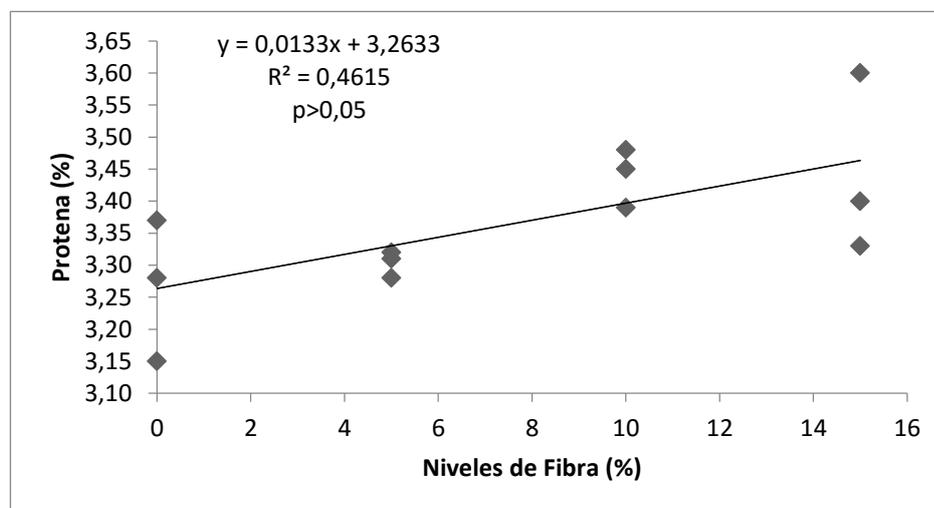
F. Var	Gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	11	0,14			
Tratamientos	3	0,08	0,03	2,93	0,10
Error	8	0,07	0,01		
CV %			2,76		
Media			3,36		

ADEVA. Fuente: Aguirre, (2015).

Tratamientos	Media	Rango
T0	3,27	b
T1	3,30	ab
T2	3,44	a
T3	3,44	ab

Separación de medias según Duncan ( $P < 0,05$ ).

**Figura 19.** Línea de regresión de PB en el yogur con distintos niveles de fibra.



Fuente: Aguirre, (2015).

**Tabla 14.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre grasa en yogurt

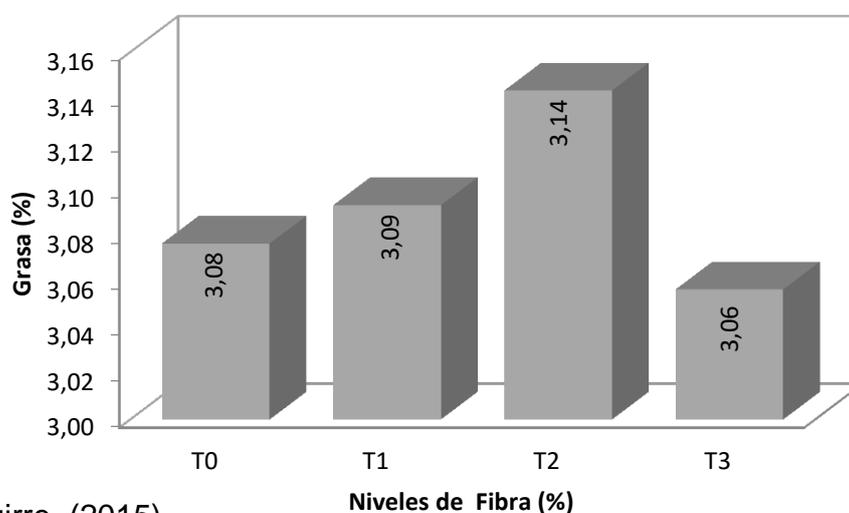
F. Var	Gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	11	0,03			
Tratamientos	3	0,01	0,00	2,56	0,128
Error	8	0,01	0,00		
CV %			1,30		
Media			3,09		

ADEVA. Fuente: Aguirre, (2015).

Tratamientos	Media	Rango
T0	3,08	a
T1	3,09	a
T2	3,14	a
T3	3,06	b

Separación de medias según Duncan ( $P < 0,05$ ).

**Figura 20.** Determinación Grasa en el yogur con distintos niveles de fibra.



Fuente: Aguirre, (2015).

**Tabla 15.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre fibra en yogurt.

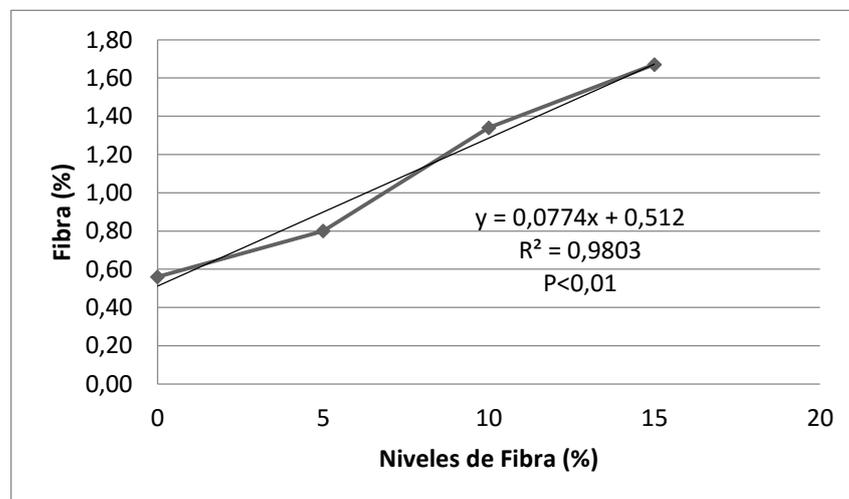
F. Var	Gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	11	4,45			
Tratamientos	3	4,43	1,48	500,26	1,94E-09
Error	8	0,02	0,00		
CV %			5,95		
Media			0,91		

ADEVA. Fuente: Aguirre, (2015).

Tratamientos	Media	Rango
T0	0,00	b
T1	0,77	a
T2	1,26	a
T3	1,62	a

Separación de medias según Duncan ( $P < 0,05$ )

**Figura 21.** Línea de regresión de FC en el yogur con distintos niveles de fibra



Fuente: Aguirre, (2015).

**Tabla 16.** Efecto de la adición de Fibra Soluble sobre <sup>o</sup>Brix en yogurt

F. Var	Gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	11	3,15			
Tratamientos	3	1,00	0,33	1,24	3,58E-01
Error	8	2,15	0,27		
CV %			3,89		
Media			13,34		

ADEVA. Fuente: Aguirre,(2015).

Tratamientos	Media	Rango
T0	12,86	d
T1	13,36	c
T2	13,53	b
T3	13,60	a

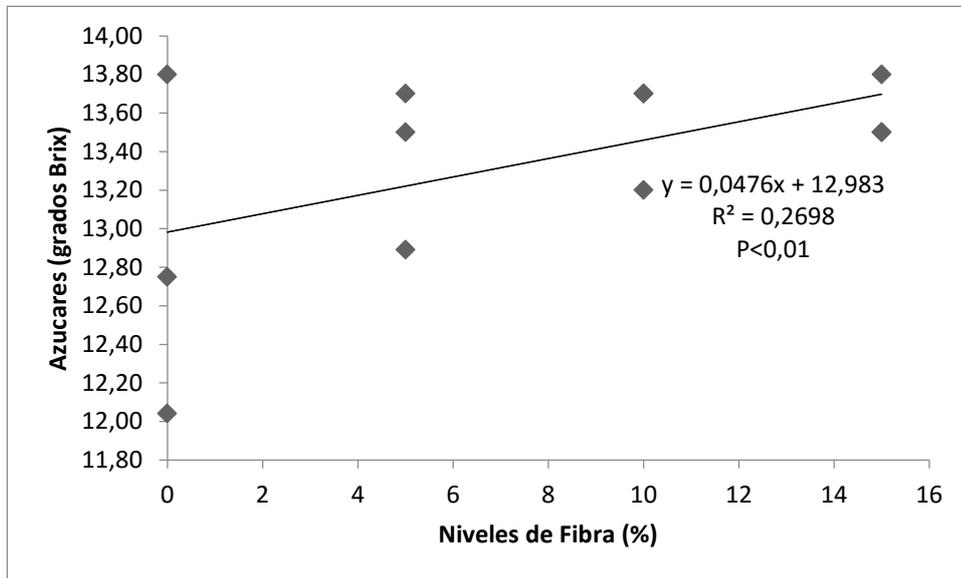
Separación de medias según Duncan (P < 0,05)

**Tabla 2.** Efecto de la adición de Fibra Soluble en queso fundido

PARÁMETROS	T0	T1	T2	T3	PROBABILIDAD	EE	CV
pH	5,17a	5,13 <sup>a</sup>	5,21a	5,18a	0,2143	0,0247	1,80
HUMEDAD (%)	55,36b	57,98d	56,41c	54,71a	0,0001	0,0058	0,02
MATERIA SECA (%)	44,58c	42,54 <sup>a</sup>	43,58b	45,39d	0,0001	0,0577	0,27
PROTEÍNA (%)	13,51a	13,89b	14,07c	14,32d	0,0001	0,0277	0,34
FIBRA (%)	0a	0,45b	0,66c	1,13d	0,0001	0,0289	8,93
GRASA (%)	8,74 <sup>a</sup>	8,62 <sup>a</sup>	8,79a	8,88a	0,4631	0,0365	2,18
CENIZA (%)	1,59 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	1,6a	1,79a	0,2344	0,0151	7,46
M. ORGÁNICA (%)	98,41 <sup>a</sup>	98,38 <sup>a</sup>	98,4a	98,21a	0,2344	0,0151	0,12
VISCOSIDAD (Cp)	13140 <sup>a</sup>	14114b	14185b	14341c	0,0001	0,0328	1,14
FIRMEZA (g/cm <sup>2</sup> )	6,5b	7,8 <sup>a</sup>	7,2b	6,8b	0.0024	0.0245	1.50

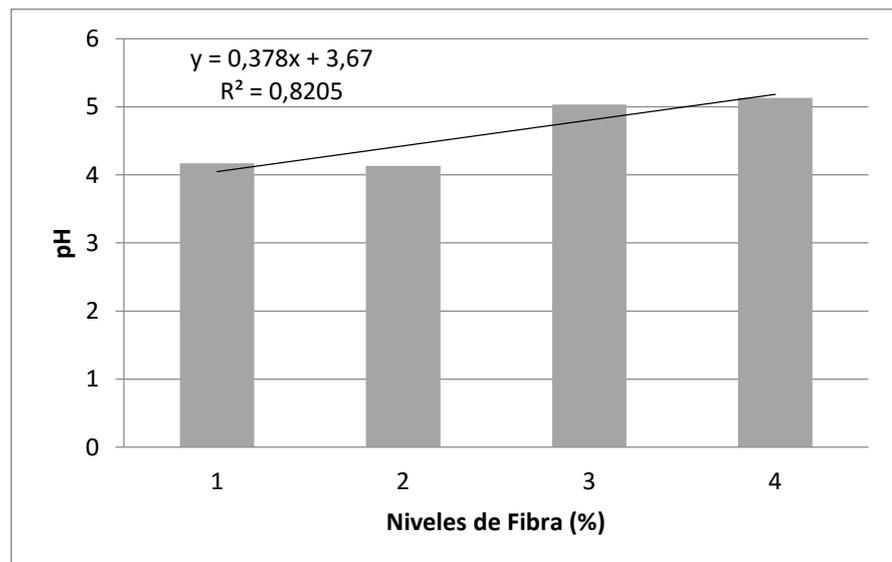
Fuente: Aguirre, (2015).

**Figura 22.** Línea de regresión de °Brix en el yogur con distintos niveles de fibra.



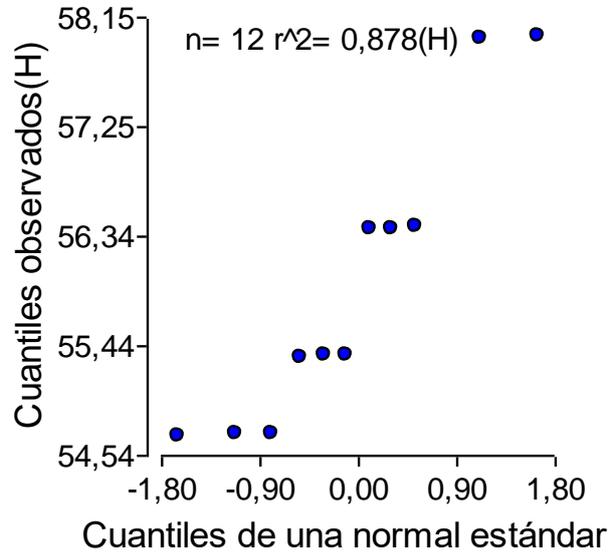
Fuente: Aguirre, (2015).

**Figura 23.** Línea de regresión de pH en queso fundido con distintos niveles de fibra



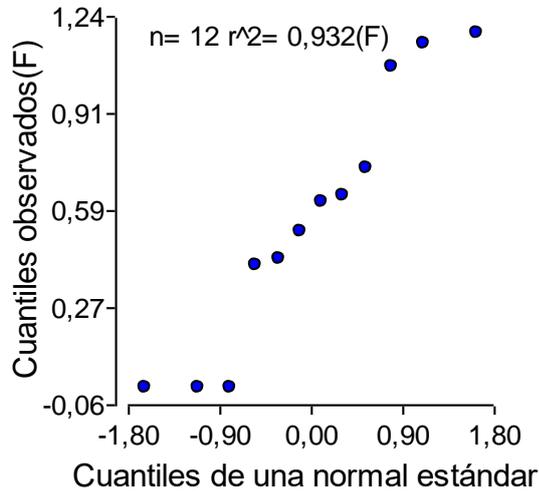
Fuente: Aguirre, (2015).

**Figura 25.** Línea de regresión de la proteína en queso fundido con distintos niveles de fibra soluble



Fuente: Aguirre, (2015).

**Figura 26.** Línea de regresión de la Fibra en queso fundido con distintos niveles de fibra soluble



Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 18.** Efecto de la adición de Fibra Soluble en Yogurt y Queso fundido.

REQUISITOS	UFC/g	MÉTODO DE ENSAYO
Bacterias coliformes Totales	100	MMI-03/AOAC 991.14
Bacterias Mesofilos	500	MMI-03/AOAC 991.14
Recuento de Hongos	500	MMI-01/AOAC 997.02

Fuente: Norma INEN2395:2015

**Tabla 19.** Requisitos Microbiológicos.

TRATAMIENTOS	AEROBEOS MESOFILOS (UFC/g)	MOHOS Y LEVADURAS (UFC/g)	COLIFORMES TOTALES (UFC/g)
YOGURT	104	0	0
QUESO FUNDIDO	125	12	0

Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 20.** Análisis organoléptico del yogurt y queso fundido con diferentes niveles fibra soluble.

TRATAMIENTO	YOGURT (T0)	YOGURT (T1)	PROB.	QUESO (T0)	QUESO(T1)	PROB.
OLOR	4,60 <sup>a</sup>	4,65a	0,0615	4,50ab	4,50ab	0,0515
SABOR	4,80 <sup>a</sup>	4,78a	0,4853	4,70a	4,80a	0,4853
COLOR	4,70 <sup>a</sup>	4,10b	0,0131	4,10b	4,28a	0,0131
TEXTURA	4,58 <sup>a</sup>	4,62ab	0,0139	4,65b	4,84b	0,0739

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fuente: Aguirre, (2015).

ATRIBUTO	CALIFICACIÓN
Apariencia y color	5 puntos
Olor	5 puntos
Textura en boca	5 puntos
Sabor	5 puntos
Total	20 puntos

Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 21.** Análisis beneficio/costo del yogurt con diferentes niveles de fibra soluble.

			T0	T1	T2	T3
INGREDIENTE	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO/T	COSTO/T	COSTO/T	COSTO/T
FIBRA SOLUBLE (g)	30	2	0	0,10	0,15	0,20
LECHE (L)	1	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
FERMENTO (g)	1	1	0,10	0,10	0,10	0,10
SORBATO DE POTASIO (g)	1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
SABORIZANTE (mL)	3	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06
GAS	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>TOTAL</b>			<b>0,74</b>	<b>0,84</b>	<b>0,89</b>	<b>0,94</b>
LITROS DE YOGURT PRODUCIDO			1,20	1,35	1,40	1,40
INGRESOS TOTALES			1,20	1,40	1,40	1,40
<b>BENEFICIO/COSTO</b>			<b>1,62</b>	<b>1,67</b>	<b>1,57</b>	<b>1,49</b>

Fuente: Aguirre, (2015)

**Tabla 22.** Análisis beneficio/costo del queso fundido con diferentes niveles de fibra soluble.

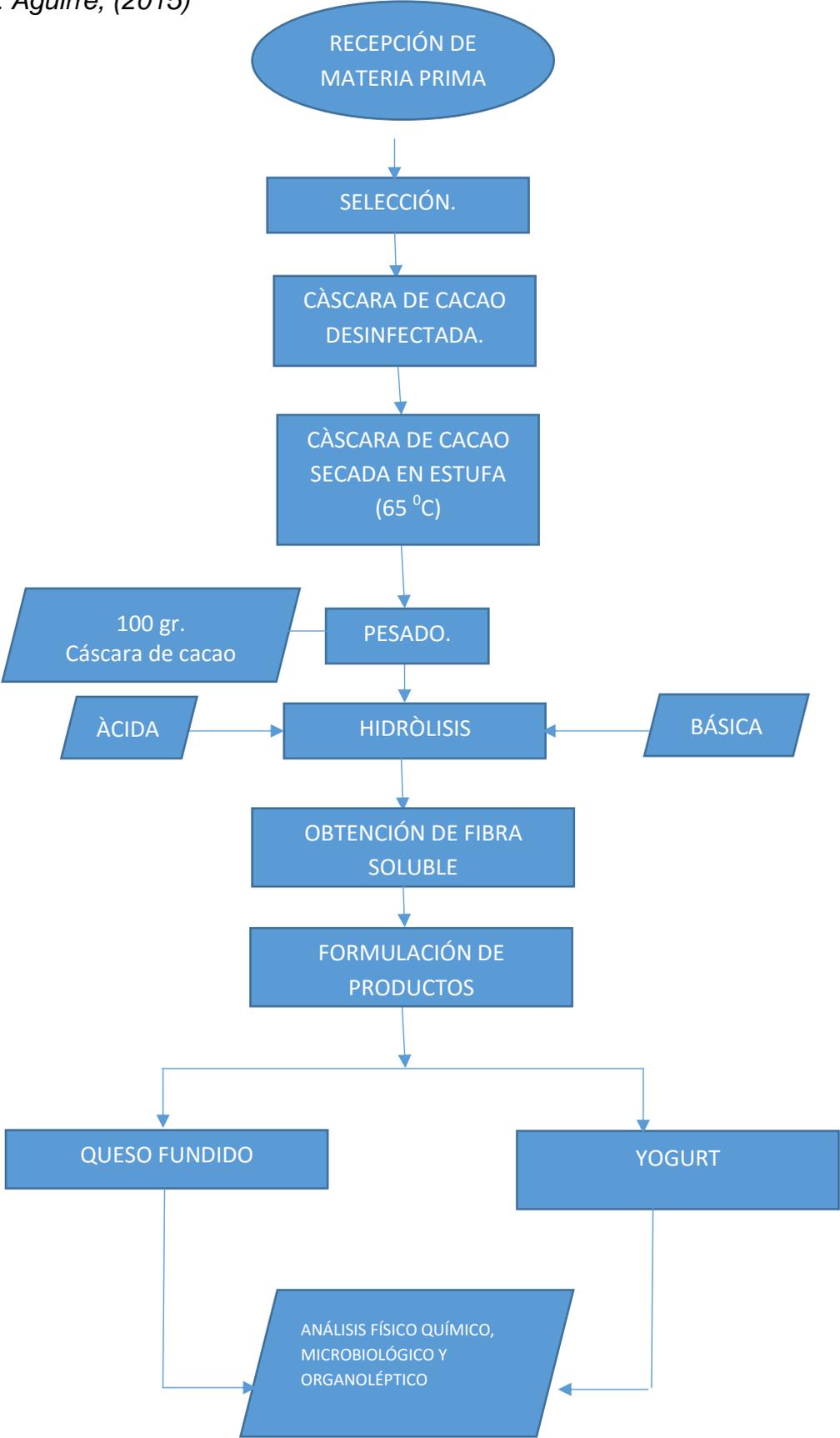
			T0	T1	T2	T3
INGREDIENTE	CANTIDAD	COSTO/U	COSTO/T	COSTO/T	COSTO/T	COSTO/T
FIBRA SOLUBLE (g)	30	2	0	0,10	0,15	0,20
QUESO 1 (g)	60	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
QUESO 2 (g)	40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
MANTEQUILLA (g)	10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
SAL FUNDENTE	3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
GAS	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>TOTAL</b>			<b>1,35</b>	<b>1,45</b>	<b>1,50</b>	<b>1,55</b>
QUESO PRODUCIDO (g)			120	140	145	150
INGRESOS TOTALES			1,20	1,40	1,40	1,40
<b>BENEFICIO/COSTO</b>			<b>1,00</b>	<b>1,04</b>	<b>1,07</b>	<b>1,11</b>

Fuente: Aguirre, M. (2015).

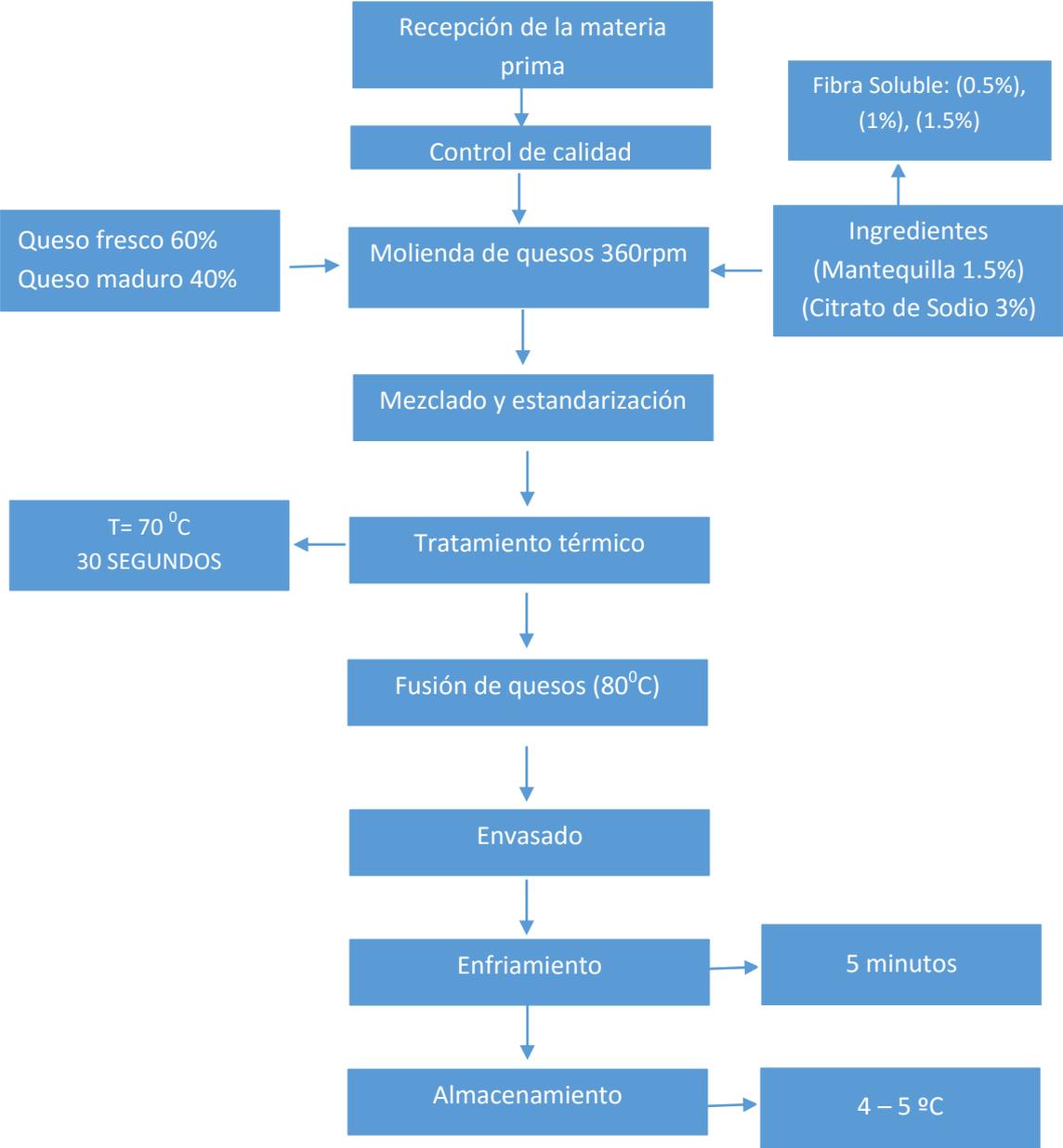
### **Anexo 3. Figuras**

**Figura 9.** Diagrama de flujo para la extracción de fibra soluble de cáscara de cacao.

Fuente: Aguirre, (2015)

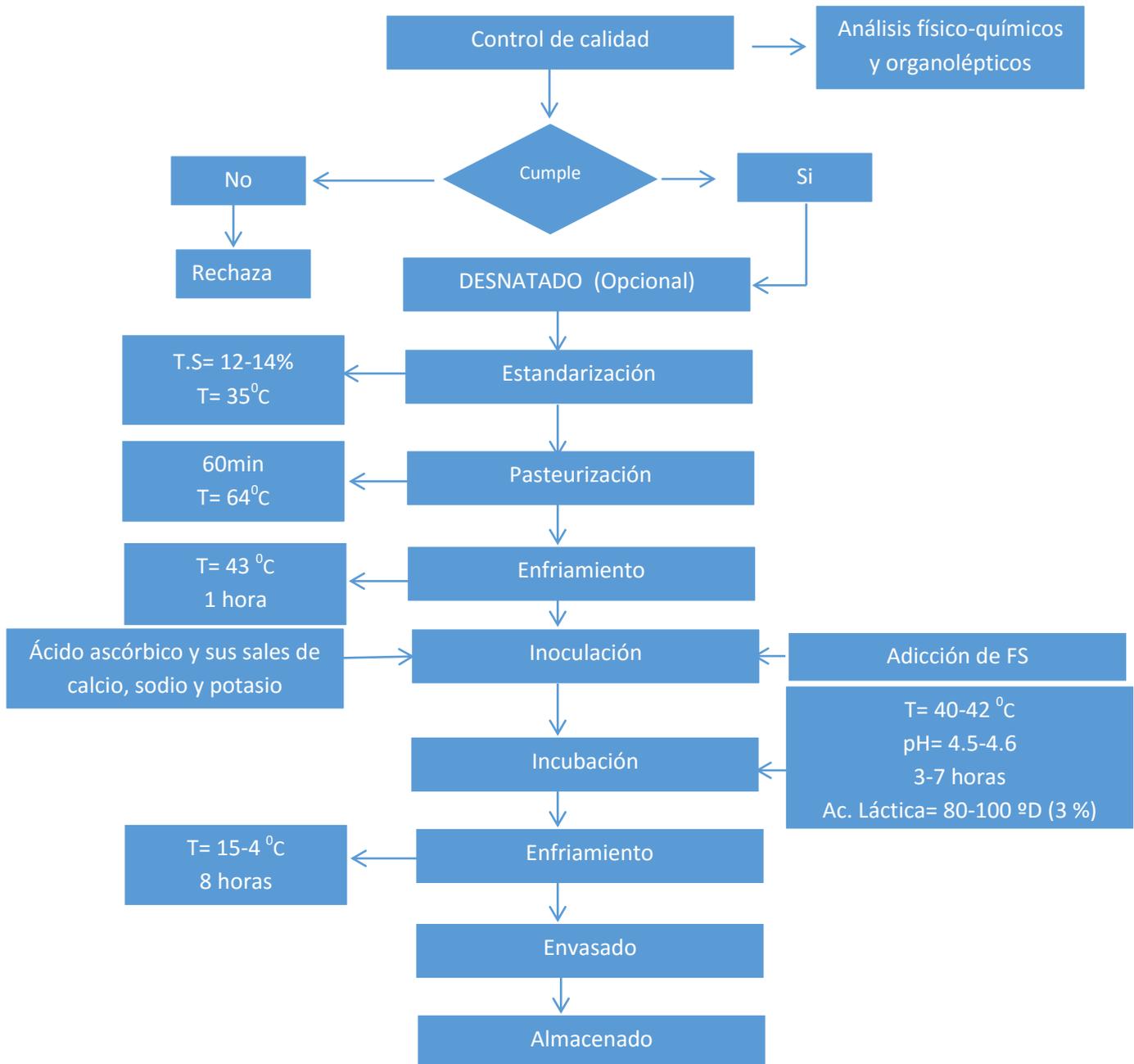


**Figura 10.** Diagrama de flujo de la elaboración de queso fundido con adición de fibra soluble extraída de la cáscara de cacao.



Fuente: Aguirre, (2015)

**Figura 11.** Diagrama de flujo de la elaboración de yogurt con adición de fibra soluble extraída de la cáscara de cacao.



Fuente: Aguirre, (2015)

#### **Anexo 4. Análisis de laboratorio.**

**REPORTE DE RESULTADOS BROMATOLOGICOS**

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

Srta. Cristina Aguirre Martínez

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

YOGURT CON ADICIÓN DE FIBRA SOLUBLE DE CACAO

Características del producto / Ratings of the product

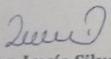
Color, Olor y sabor característico

Fecha de Recepción 29/05/2015

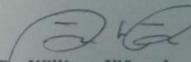
**REPORTE DE ANALISIS**

Descripción	Código	% Humedad	%Sólidos totales	% Proteína	% Grasa	%Fibra	%Cenizas	*Brix
T0-0%	Rch-3604	85,51	14,49	3,37	3,04	0	0,79	13,8
T1-1%	Rch-3605	85,67	14,33	3,31	3,07	0,8	0,84	13,5
T2-1,5%	Rch-3606	85,45	14,55	3,39	3,11	1,34	0,88	13,2
T3-2%	Rch-3607	85,39	14,61	3,33	3,01	1,67	0,81	13,5

Emitido el: 04 de junio de 2015

  
Ing. Lucía Silva D.  
RESPONSABLE TECNICO

**SETLAB**  
Servicio de Transferencia Tecnológica  
y Laboratorios Agropecuarios  
Galo Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós  
032266-764

  
Dr. William Viñan A.  
ANALISTA QUIMICO

**REPORTE DE RESULTADOS**

**CODIGO DE MUESTRA Nº 03678**

**Nombre del Solicitante / Name of the Applicant**

Srta. Marianela Aguirre

**Domicilio / Address**

Puyo

**Teléfonos / Telephones**

**Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested**

QUESO T0

**Marca comercial / Trade Mark**

No tiene

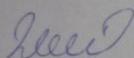
**Características del producto / Ratings of the product**

Color, Olor y sabor característico

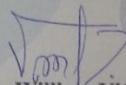
**Resultados Bromatológicos**

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	55,35	AOAC/Gravimétrico
MATERIA SECA, (%)	44,65	AOAC/Gravimétrico
PROTEINA, (%)	13,51	AOAC/kjeldahl
FIBRA, (%)	ND	AOAC/Gravimétrico
GRASA, (%)	8,95	AOAC/Goldfish
CENIZA, (%)	1,62	AOAC/Gravimétrico
MATERIA ORGANICA, (%)	98,38	AOAC/Gravimétrico

Emitido en: Riobamba, el 26 de junio de 2015



**Ing. Lucía Silva D.**  
**RESPONSABLE TECNICO**



**Dr. William Viñan Arias**  
**ANALISTA QUIMICO**

**REPORTE DE RESULTADOS**

**CODIGO DE MUESTRA N° 03679**

**Nombre del Solicitante / Name of the Applicant**

Srta. Marianela Aguirre

**Domicilio / Address**

Puyo

**Teléfonos / Telephones**

**Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested**

QUESO T1 al 0,5 %

**Marca comercial / Trade Mark**

No tiene

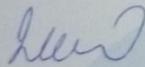
**Características del producto / Ratings of the product**

Color, Olor y sabor característico

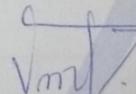
**Resultados Bromatológicos**

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	57,99	AOAC/Gravimétrico
MATERIA SECA, (%)	42,65	AOAC/Gravimétrico
PROTEINA, (%)	13,93	AOAC/kjeldahl
FIBRA, (%)	0,41	AOAC/Gravimétrico
GRASA, (%)	8,87	AOAC/Goldfish
CENIZA, (%)	1,72	AOAC/Gravimétrico
MATERIA ORGANICA, (%)	98,28	AOAC/Gravimétrico

Emitido en: Riobamba, el 26 de junio de 2015



**Ing. Lucía Silva D.  
RESPONSABLE TECNICO**



**Dr. William Viñan Arias  
ANALISTA QUIMICO**

**REPORTE DE RESULTADOS**

**CODIGO DE MUESTRA N° 03680**

**Nombre del Solicitante / Name of the Applicant**  
 Srta. Marianela Aguirre

**Domicilio / Address** Puyo **Teléfonos / Telephones**

**Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested**  
 QUESO T2 al 1,0 %

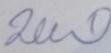
**Marca comercial / Trade Mark**  
 No tiene

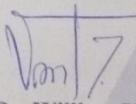
**Características del producto / Ratings of the product**  
 Color, Olor y sabor característico

**Resultados Bromatológicos**

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	56,40	AOAC/Gravimétrico
MATERIA SECA, (%)	43,60	AOAC/Gravimétrico
PROTEINA, (%)	14,04	AOAC/kjeldahl
FIBRA, (%)	0,64	AOAC/Gravimétrico
GRASA, (%)	8,92	AOAC/Goldfish
CENIZA, (%)	1,54	AOAC/Gravimétrico
MATERIA ORGANICA, (%)	98,46	AOAC/Gravimétrico

Emitido en: Riobamba, el 26 de junio de 2015

  
 Ing. Lucía Silva D.  
 RESPONSABLE TECNICO

  
 Dr. William Viñan Arias  
 ANALISTA QUIMICO

**REPORTE DE RESULTADOS**

**CODIGO DE MUESTRA N° 03681**

**Nombre del Solicitante / Name of the Applicant**  
Srta. Marianela Aguirre

**Domicilio / Address**  
Puyo

**Teléfonos / Telephones**

**Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested**  
QUESO T3 al 1,5 %

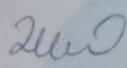
**Marca comercial / Trade Mark**  
No tiene

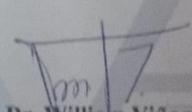
**Características del producto / Ratings of the product**  
Color, Olor y sabor característico

**Resultados Bromatológicos**

PARAMETRO	RESULTADO(PS)	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, (%)	54,71	AOAC/Gravimétrico
MATERIA SECA, (%)	45,29	AOAC/Gravimétrico
PROTEINA, (%)	14,36	AOAC/kjeldahl
FIBRA, (%)	1,07	AOAC/Gravimétrico
GRASA, (%)	8,95	AOAC/Goldfish
CENIZA, (%)	1,73	AOAC/Gravimétrico
MATERIA ORGANICA, (%)	98,27	AOAC/Gravimétrico

Emitido en: Riobamba, el 26 de junio de 2015

  
**Ing. Lucia Silva D.**  
**RESPONSABLE TECNICO**

  
**Dr. William Viñan Arias**  
**ANALISTA QUIMICO**

**Anexo 5. Cuadros estadísticos.**

## **Metodología estadística**

El experimento fue diseñado según un completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones para realizar las comparaciones en el proceso de producción de Yogurt.

Los tratamientos comparados fueron:

Las variables analizadas según un análisis de varianza fueron pH inicial, a los 7 y a los 15 días, H, MS, Pb, F, G, C y Mo

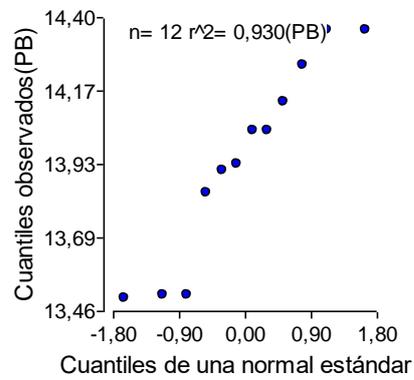
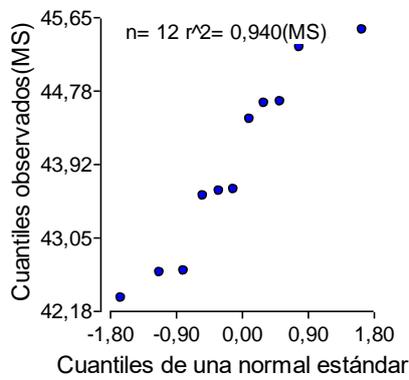
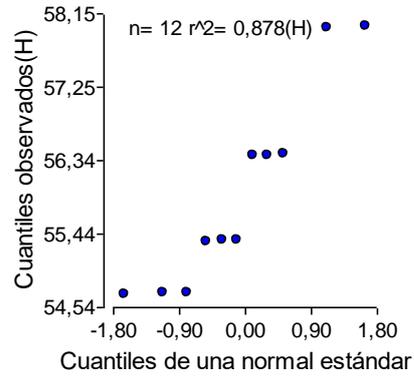
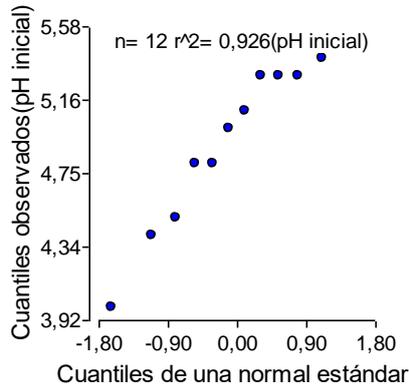
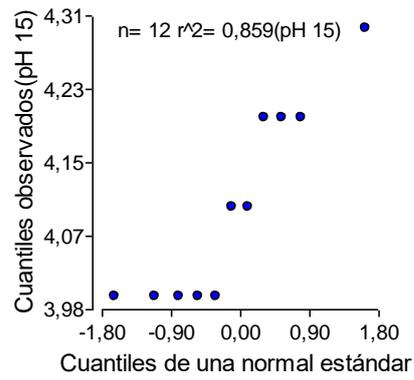
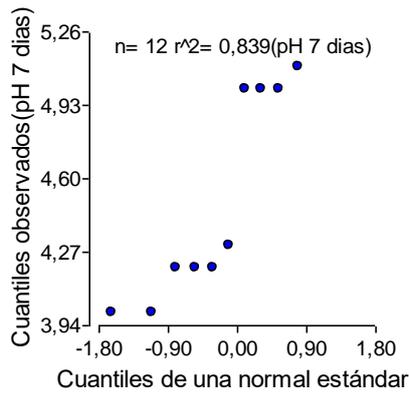
Antes de realizar el análisis de la varianza se estudió la normalidad de la variables a través de la prueba QQplot con la distribución  $\chi^2$  y los coeficientes de correlación r.

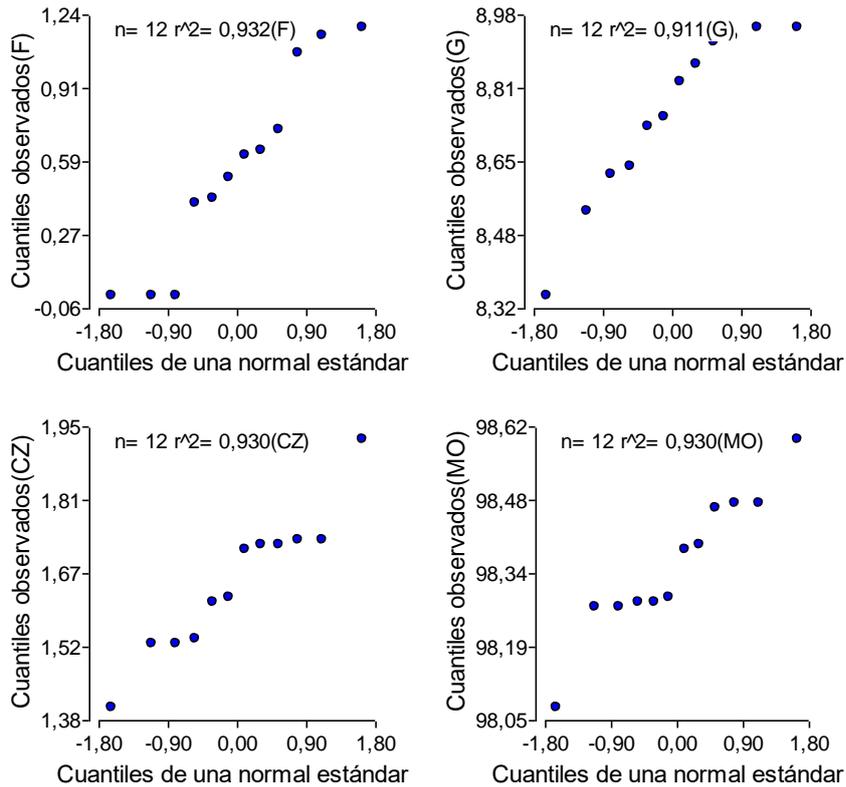
En los casos en que alcanzó diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey (1952) (DSH).

Se realizó el análisis de proporciones a través de la prueba de  $\chi^2$ , para compara los porcentajes evaluados para cada tratamientos en las categorías evaluadas por los catadores (buena, muy buena y excelente) en el Yogurt y el queso.

El procesamiento estadístico se realizó en el software IBM SPSS versión 22.

# RESULTADOS





Resultados del ANAVA para la comparación de los tratamientos

Nueva: 04/07/2015 - 17:48:40

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH inicial	12	0,8	0,72	4,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,88	3	0,63	10,57	0,0037
trat	1,88	3	0,63	10,57	0,0037 **
Error	0,47	8	0,06		
Total	2,35	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,63603

Error: 0,0592 gl: 8

Trat	Medias	n
------	--------	---

T0	4,3	3	A	EE(±)	0,1414
T1	4,97	3	B		
T2	5,23	3	B		
T3	5,3	3	B		

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH 7 dias	12	0,96	0,95	2,5

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2,63	3	0,88	65,75	<0,0001
trat	2,63	3	0,88	65,75	<0,0001 ***
Error	0,11	8	0,01		
Total	2,74	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,30193

Error: 0,0133 gl: 8

Trat	Medias	n		EE(±)	0,0577
T1	4,13	3	A		
T0	4,17	3	A		
T2	5,03	3		B	
T3	5,13	3		B	

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH 15	12	0,19	0	3,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,03	3	0,01	0,63	0,615
trat	0,03	3	0,01	0,63	0,615 NS
Error	0,13	8	0,02		
Total	0,16	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,32902

Error: 0,0158 gl: 8

Trat	Medias	n		EE(±)	0,0577
T3	4,07		3	A	
T0	4,1		3	A	
T2	4,1		3	A	
T1	4,2		3	A	

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Nueva: 04/07/2015 - 17:51:26

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
H		12	1	1 0,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	18,33		3	6,11	61093 <0,0001
Trat	18,33		3	6,11	61093 <0,0001
Error	8,00E-04		8	1,00E-04	
Total	18,33		11		

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,02615  
Error: 0,0001 gl: 8

Trat	Medias	n		EE(±)=	0,0058
T3	54,71		3 A		
T0	55,36		3 B		
T2	56,41		3 C		
T1	57,98		3 D		

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MS		12	0,99	0,99 0,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	13,71		3	4,57	332,27 <0,0001
Trat	13,71		3	4,57	332,27 <0,0001
Error	0,11		8	0,01	
Total	13,82		11		

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,30671  
Error: 0,0138 gl: 8

Trat	Medias	n		EE(±)=	0,0577
T1	42,54		3 A		
T2	43,58		3 B		
T0	44,58		3 C		

T3	45,39	3	D
----	-------	---	---

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PB	12	0,98	0,98	0,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,06	3	0,35	157,12	<0,0001
Trat	1,06	3	0,35	157,12	<0,0001
Error	0,02	8	2,30E-03		
Total	1,08	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,12403

Error: 0,0023 gl: 8

Trat	Medias	n	EE(±)=	0,0277
T0	13,51	3	A	
T1	13,89	3	B	
T2	14,07	3	C	
T3	14,32	3	D	

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
F	12	0,99	0,99	8,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,99	3	0,66	263,11	<0,0001
Trat	1,99	3	0,66	263,11	<0,0001
Error	0,02	8	2,50E-03		
Total	2,01	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,13139

Error: 0,0025 gl: 8

Trat	Medias	n	EE(±)=	0,0289
T0	0	3	A	
T1	0,45	3	B	
T2	0,66	3	C	
T3	1,13	3	D	

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
G	12	0,26	0	2,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,1	3	0,03	0,95	0,4631
Trat	0,1	3	0,03	0,95	0,4631
Error	0,29	8	0,04		
Total	0,4	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,49928

Error: 0,0365 gl: 8

Trat	Medias	n	
T1	8,62	3	A
T0	8,74	3	A
T2	8,79	3	A
T3	8,88	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CZ	12	0,4	0,17	7,46

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,08	3	0,03	1,75	0,2344
Trat	0,08	3	0,03	1,75	0,2344
Error	0,12	8	0,02		
Total	0,2	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,32131

Error: 0,0151 gl: 8

Trat	Medias	n	
T0	1,59	3	A
T2	1,6	3	A
T1	1,62	3	A
T3	1,79	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	12	0,4	0,17	0,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,08	3	0,03	1,75	0,2344
Trat	0,08	3	0,03	1,75	0,2344
Error	0,12	8	0,02		
Total	0,2	11			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,32131

Error: 0,0151 gl: 8

Trat	Medias	n
T3	98,21	3 A
T1	98,38	3 A
T2	98,4	3 A
T0	98,41	3 A

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

**Análisis de proporciones**

Nueva: 04/07/2015 - 18:11:39

Tablas de contingencia

Frecuencias: frecolor

Frecuencias absolutas

En columnas: categoría

trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	7	15	7	29
2	6	11	12	29
3	13	4	12	29
4	15	4	10	29
Total	41	34	41	116

Frecuencias relativas por filas (expresadas en porcentajes)

En columnas: categoría

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	24,14	51,72	24,14	100
2	20,69	37,93	41,38	100

	3	44,83	13,79	41,38	100
	4	51,72	13,79	34,48	100
Total		35,34	29,31	35,34	100

Frecuencias relativas por columnas (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat		Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
	1	17,07	44,12	17,07	25
	2	14,63	32,35	29,27	25
	3	31,71	11,76	29,27	25
	4	36,59	11,76	24,39	25
Total		100	100	100	100

Frecuencias relativas al total (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat		Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
	1	6,03	12,93	6,03	25
	2	5,17	9,48	10,34	25
	3	11,21	3,45	10,34	25
	4	12,93	3,45	8,62	25
Total		35,34	29,31	35,34	100

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	17,84	6	0,0067 **
Chi Cuadrado MV-G2	18,22	6	0,0057
Coef.Conting.Cramer	0,23		
Coef.Conting.Pearson	0,37		

Nueva: 04/07/2015 - 18:12:12

Tablas de contingencia  
Frecuencias: freccolor

Frecuencias absolutas  
En columnas: categoría

trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
------	-------	-----------	-----------	-------

	1	0	16	13	29
	2	0	12	17	29
	3	3	8	18	29
	4	6	6	17	29
Total		9	42	65	116

Frecuencias relativas por filas (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	0	55,17	44,83	100
2	0	41,38	58,62	100
3	10,34	27,59	62,07	100
4	20,69	20,69	58,62	100
Total	7,76	36,21	56,03	100

Frecuencias relativas por columnas (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	0	38,1	20	25
2	0	28,57	26,15	25
3	33,33	19,05	27,69	25
4	66,67	14,29	26,15	25
Total	100	100	100	100

Frecuencias relativas al total (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	0	13,79	11,21	25
2	0	10,34	14,66	25
3	2,59	6,9	15,52	25
4	5,17	5,17	14,66	25
Total	7,76	36,21	56,03	100

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado			
Pearson	17,53	6	0,0075 **
Chi Cuadrado MV-G2	20,06	6	0,0027
Coef.Conting.Cramer	0,22		
Coef.Conting.Pearson	0,36		

---

Nueva: 04/07/2015 - 18:12:55

Tablas de contingencia

Frecuencias: frectex

Frecuencias absolutas

En columnas: categoría

---

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	2	19	8	29
2	1	12	16	29
3	9	7	13	29
4	15	4	10	29
Total	27	42	47	116

---

Frecuencias relativas por filas (expresadas en porcentajes)

En columnas: categoría

---

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	6,9	65,52	27,59	100
2	3,45	41,38	55,17	100
3	31,03	24,14	44,83	100
4	51,72	13,79	34,48	100
Total	23,28	36,21	40,52	100

---

Frecuencias relativas por columnas (expresadas en porcentajes)

En columnas: categoría

---

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	7,41	45,24	17,02	25
2	3,7	28,57	34,04	25
3	33,33	16,67	27,66	25
4	55,56	9,52	21,28	25

---

Total	100	100	100	100
-------	-----	-----	-----	-----

Frecuencias relativas al total (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat	Bueno	Muy bueno	Excelente	Total
1	1,72	16,38	6,9	25
2	0,86	10,34	13,79	25
3	7,76	6,03	11,21	25
4	12,93	3,45	8,62	25
Total	23,28	36,21	40,52	100

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado			
Pearson	34,49	6	<0,0001 ***
Chi Cuadrado MV-G2	35,92	6	<0,0001
Coef.Conting.Cramer	0,31		
Coef.Conting.Pearson	0,48		

Nueva: 04/07/2015 - 18:13:44

Tablas de contingencia  
Frecuencias: frecsabor

Frecuencias absolutas  
En columnas: categoría

Trat	1	2	3	Total
1	2	22	5	29
2	0	15	14	29
3	4	7	18	29
4	15	5	9	29
Total	21	49	46	116

Frecuencias relativas por filas (expresadas en porcentajes)  
En columnas: categoría

Trat	1	2	3	Total
1	6,9	75,86	17,24	100
2	0	51,72	48,28	100

	3	13,79	24,14	62,07	100
	4	51,72	17,24	31,03	100
Total		18,1	42,24	39,66	100

Frecuencias relativas por columnas (expresadas en porcentajes)

En columnas: categoría

Trat		1	2	3	Total
	1	9,52	44,9	10,87	25
	2	0	30,61	30,43	25
	3	19,05	14,29	39,13	25
	4	71,43	10,2	19,57	25
Total		100	100	100	100

Frecuencias relativas al total (expresadas en porcentajes)

En columnas: categoría

Trat		1	2	3	Total
	1	1,72	18,97	4,31	25
	2	0	12,93	12,07	25
	3	3,45	6,03	15,52	25
	4	12,93	4,31	7,76	25
Total		18,1	42,24	39,66	100

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado			
Pearson	49,02	6	<0,0001 ***
Chi Cuadrado MV-G2	49,4	6	<0,0001
Coef.Conting.Cramer	0,38		
Coef.Conting.Pearson	0,55		