

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

---

#### **“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE YOGURT DE SÁBILA (*Aloe vera*) ELABORADO CON DIFERENTES FORMULACIONES MEDIANTE EL USO DEL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD”**

---

Trabajo de Investigación Graduación o Titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**Autor:** Wilmer Arnulfo Cadena Masabanda.

**Tutora:** Ing. M.Sc. Liliana Acurio Arcos

Ambato – Ecuador

2015

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Siendo Tutora del Trabajo de Investigación Graduación o Titulación realizado bajo el tema: “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE YOGURT DE SÁBILA (*Aloe vera*), ELABORADO CON DIFERENTES FORMULACIONES MEDIANTE EL USO DEL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD”, por el egresado Wilmer Arnulfo Cadena Masabanda; tengo a bien afirmar que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Calificación, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y evaluación.

Ambato, Abril del 2015

---

Ing. M.Sc. Liliana Acurio Arcos

TUTORA

## **DECLARACIÓN, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo, Wilmer Arnulfo Cadena Masabanda declaro que:

El presente Trabajo de Investigación Graduación o Titulación: “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE YOGURT DE SÁBILA (*Aloe vera*), ELABORADO CON DIFERENTES FORMULACIONES MEDIANTE EL USO DEL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD”, es absolutamente original, auténtico y personal, el contenido y efectos académicos que se desprende del mismo son de exclusiva responsabilidad de mi persona.

Ambato, Abril del 2015

---

Wilmer Arnulfo Cadena Masabanda

**AUTOR**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Investigación Graduación o Titulación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Mayo del 2015

Para constancia firman:

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **Dedicatoria**

*Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios Padre dueño de mi vida, por ser el amigo incondicional, por haberme dado la vida y permitirme culminar esta meta.*

*A Tomasita mi querida abuelita, por darme ese ejemplo de superación y estar pendiente en todo momento de mi vida, por el tiempo compartido, por sus palabras de aliento y por haberme brindado su apoyo incondicional.*

*A mis queridos padres, quienes me dieron la luz para estar en este camino de la sabiduría.*

*A Mary mi querida tía, por ser un ejemplo de mujer trabajadora, que con su apoyo moral siempre ha sido el pilar fundamental en toda mi vida, por motivarme en todo momento.*

*Y al resto de la familia por ser mi alegría y mi motivo para seguir.*

*A mis amigos y compañeros: Gus, Carlos y Mentor, con quienes compartí muchos momentos de alegrías, tristezas, triunfos y derrotas con la convicción de siempre seguir adelante.*

*WILLY*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por acogerme en su seno para educarme con sus conocimientos, valores, principios y ética profesional.*

*Agradezco a la UOITA, por la oportunidad de realizar la fase experimental, en especial al Ing. Mario Álvarez e Ing. Mónica Silva, por sus conocimientos, recomendaciones y acertadas opiniones brindadas durante todo el trabajo de investigación y sobre todo ser una guía constante en la ejecución del proyecto*

*Al Ing. Diego Salazar e Ing. Aracelli Pilamala, quienes contribuyeron con sus conocimientos, experiencias y anécdotas, gracias por su tiempo y por su paciencia.*

*A mi tutora, quien ha sido un modelo de Ingeniera en Alimentos a seguir. Gracias Ing. Liliana Acurio Arcos, por compartir todo su conocimiento y guiarme en mi trabajo de investigación, y lo más importante gracias por confiar en mí.*

*Al amor de mi vida, el cual me ha dado todo el valor, apoyo, cariño, comprensión, motivación y a compartido todos los momentos tristes y felices de mi vida universitaria, quien me dio la mano cuando sentía que el camino se terminaba, llegando a ser una mujer admirable por su esfuerzo y trabajo.*

*WILLY*

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

## CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1.	Tema de	1
investigación		
1.2.	Planteamiento del	1
problema		
1.2.1.	Contextualización	2
1.2.1.1.	Macro	2
1.2.1.2.	Meso	3
1.2.1.3.	Micro	5
1.2.2.	Análisis crítico	5
1.2.2.1.	Diagrama causa-efecto	6
1.2.2.2.	Prognosis	6
1.2.2.3.	Formulación del	6
problema		
1.2.2.4.	Interrogantes	7
1.2.2.5.	Delimitación	7
1.3.	Justificación	7
1.4.	Objetivos	8
1.4.1.	General	8
1.4.2.	Específicos	8

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

<b>2.1.</b>	Antecedentes investigativos	9
<b>2.2.</b>	Fundamentación filosófica	11
<b>2.3.</b>	Fundamentación legal	11
<b>2.4.</b>	Categorías fundamentales	11
<b>2.4.1.</b>	Marco teórico de la variable	12
	independiente	
<b>2.4.1.1.</b>	Tecnología de lácteos	12
<b>2.4.1.2.</b>	Lácteos fermentados	12
<b>2.4.1.3.</b>	Yogurt	13
<b>a.</b>	Clasificación	14
a.1.	Por el método de elaboración	14
a.2.	Por el contenido de grasa	15
a.3.	Por el el sabor	16
<b>b.</b>	Propiedades nutritivas	16
<b>2.4.1.4</b>	Proceso de elaboración del yogurt	18
<b>a.</b>	Materias primas	18
a.1.	Leche	18
a.2.	Fermento	20
a.3.	Sábila ( <i>Aloe vera</i> )	21
<b>b.</b>	Puntos de control durante la elaboración	24
<b>2.4.2.</b>	Marco teórico de la variable dependiente	26
<b>2.4.2.1.</b>	Reología	26
<b>a.</b>	Fluidos Newtonianos	28
<b>b.</b>	Fluidos No – Newtonianos	28
<b>c.</b>	Fluidos Pseudoplásticos	28
<b>2.4.2.2.</b>	Viscosidad	29
<b>2.5.</b>	Hipótesis	30
<b>2.6.</b>	Señalamiento de variables	30

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA



3.1. Enfoque		31
<b>3.2.</b>	Modalidad básica de la	31
investigación		
<b>3.3.</b>	Nivel o tipo de investigación	32
<b>3.4.</b>	Diseño experimental	32
<b>3.5.</b>	Operacionalización de variables	34
<b>3.6.</b>	Plan de recolección de	36
información		
<b>3.6.1</b>	Ubicación geográfica de la localidad	36
<b>3.6.2.</b>	Procedimientos	36
<b>3.6.2.1.</b>	Elaboración de pulpa de sábila	36
<b>a.</b> Materia prima		36
<b>3.6.2.2.</b>	Elaboración de yogurt	38
<b>a.</b> Materia prima		38
<b>3.6.3.</b>	Métodos de laboratorio	40
3.6.3.1. Análisis a realizar a la leche cruda y en leche semidescremada		40
<b>a.</b> Determinación de la densidad		40
<b>b.</b> Determinación de grasa		41
<b>c.</b> Determinación de acidez		42
3.6.3.2. Análisis a realizar en la sábila		43
<b>a.</b> Determinación de Ph		43
<b>b.</b> Determinación de extracto seco		45
<b>c.</b> Determinación de densidad relativa		46
3.6.3.3. Análisis a realizar al yogurt de sábila		47
<b>a.</b> Determinación de sinéresis		47
<b>b.</b> Determinación de los parámetros reológicos		47
<b>c.</b> Determinación del mejor tratamiento		48
d. Evaluación sensorial		48
3.6.3.4. Análisis a realizar al mejor tratamiento		48
<b>a.</b> Determinación de mohos y levaduras		48
<b>b.</b> Determinación de Cenizas		49
<b>c.</b> Determinación de Proteínas		51
<b>3.6.4.</b>	Plan de procesamiento de la	52
información		

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Análisis e Interpretación de resultados	53
4.1.1.	Análisis de materia prima	53
	a. Caracterización de la pulpa de sábila	53
	a. Caracterización de leche	53
4.1.2.	Análisis de pH	54
4.1.3.	Análisis de acidez	54
4.1.4.	Análisis de ° brix	54
4.1.5.	Análisis de % de sinéresis	55
4.1.6.	Análisis reológicos	55
	a. Viscosidad aparente	55
	b. Índice de comportamiento de flujo	56
	c. Índice de consistencia	56
4.1.7.	Evaluación sensorial	56
4.1.8.	Análisis del mejor tratamiento	58
4.1.9.	Análisis del microbiológico	58
4.1.10.	Análisis proximal	58
4.2.	Verificación de la hipótesis	58

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones	59
5.2.	Recomendaciones	59

## **CAPÍTULO VI PROPUESTA**

6.1.	Datos informativos	61
6.2.	Antecedentes de la propuesta	61
6.3.	Justificación	62
6.4.	Objetivos	62
6.5.	Análisis de factibilidad	63
6.6.	Fundamentación	64
6.7.	Metodología	64
6.8.	Administración	66
6.9.	Previsión	67

## **CAPÍTULO VII MATERIALES DE REFERENCIA**

Bibliografía  
Anexos

68  
74

## ÍNDICES DE TABLAS Y FIGURAS

Gráfico1. Porcentaje de producción de leche en Ecuador por regiones	4
Gráfico 2. Diagrama causa- efecto	6
Figura 1. Fermentación de lactosa	12
Tabla 1. Composición química del yogurt	17
Tabla 2. Composición nutritiva de leche	19
Tabla 3. Composición química de la sábila	23
Figura 2. Reograma de fluidos	29
Tabla 4. Factores y niveles del diseño experimental	33
Tabla 5. Combinación de los factores del diseño experimental	33
Tabla 6. Operacionalización de la variable independiente	34
Tabla 7. Operacionalización de la variable dependiente	35
Figura 3. Diagrama de flujo para elaboración de pulpa de sábila	37
Figura 4. Diagrama de flujo para elaboración de yogurt	39
Tabla 8. Recursos económicos de la propuesta	63
Tabla 9. Modelo operativo de la propuesta	65
Tabla 10. Administración de la propuesta	66
Tabla 11. Previsión de la evaluación	67

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la sábila en el yogurt a diferentes porcentajes de grasa, inóculo, sobre los parámetros reológicos, tiempo de fermentación, °brix, acidez y pH, como materia prima se utilizó leche entera, leche semidescremada, donde para la elaboración de yogurt realizamos las respectivas pruebas físico-químicas y para la cual se determinó el pH de la pulpa de sábila pura que fue de 4,7 que resulta estar dentro del rango reportado (3,5 a 4,7). Para la fermentación se probaron dos porcentajes de inóculo al 3%, 2% (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*), el conjunto se incubó a 45°C por el lapso de 3.50 horas. Al final se alcanzó una acidez del 0,67% de ácido láctico y un pH que fue descendiendo aproximadamente de 6,4 hasta 4,2.

Los cambios reológicos ocurren cuando el producto se torna espeso, después del periodo de incubación, se registraron en el viscosímetro rotacional Brookfield (Marca Quimis), en el cual se midió las diferentes viscosidades a una temperatura de 5°C. La mayor viscosidad aparente se observa en los tratamientos T4: a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub> y T6: a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub>. Adicionalmente se determinó que todas las muestras se comportaban como un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico donde se aplicó el modelo de Ley de la Potencia y así se halló el índice de consistencia (k=2,6 Pa.s) y el índice de comportamiento de flujo (n=0,58), se consideraron datos que estaban dentro del rango 30% -70%, Full Scale, por ende estos parámetros son útiles como medidas de control durante el proceso de elaboración y para fijar las características de calidad preferidas por el consumidor.

Mediante un análisis sensorial se determinó que el mejor tratamiento es el T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub>, compuesto por (3% de grasa; 3% de inóculo y 5% de sábila).

Finalmente se realizó un análisis de varianza y posteriormente la prueba de intervalos múltiples de Tukey mediante el cual se detalló que el 5% de sábila permitió tener mejor aceptabilidad.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. TEMA

Determinación de los parámetros reológicos de yogurt de sábila (*Aloe vera*) elaborado con diferentes formulaciones mediante el uso del viscosímetro Brookfield.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El propósito de esta investigación fue determinar los parámetros reológicos de yogurt de sábila, elaborado con diferentes formulaciones usando el viscosímetro Brookfield. Dichos parámetros no han sido reportados en la literatura especializada por ser un producto novedoso, dichos parámetros son de gran importancia en la industria láctea, de ser cara al transporte así como al momento de evaluar la calidad del producto terminado. La propuesta de elaborar yogurt de sábila se fundamenta en las propiedades probióticas de la sábila que contribuyen a la exclusión, antagonismo e interferencia con microorganismos patógenos (Felley, 2001).

El consumo de yogurt inició a partir del primer estudio realizado por el microbiólogo ucraniano y Premio Nobel en Medicina Ilya Metchnikoff, en 1908, que demostraba los efectos beneficiosos de los microorganismos que fermentaban los alimentos. Su estudio argumentó que el consumo de este tipo de productos podía influir en el balance de la microflora intestinal, y en parte era el responsable de la conocida longevidad de los habitantes de Bulgaria. Según Rodríguez y Ruiz (1998), desde entonces y hasta el día de hoy ha crecido el interés por estos alimentos que contienen microorganismos beneficiosos para la salud.

En una investigación realizada por (Shirota et al., 1930), se aisló una cepa de *Lactobacilo* capaz de resistir la acidez gástrica, las sales biliares y condiciones de conservación extremas, hasta llegar vivo al intestino delgado donde ejerce su función de inmunoestimulación e inmunomodulación, después de algunos años la cepa fue nombrada como *Lactobacillus casei shirota*.

Según Estrada (2005), las bacterias más utilizadas en la elaboración de bebidas probióticas son del género *Lactobacillus*, su presencia en el tubo digestivo es considerada benéfica, por tener un papel protector o terapéutico. Se cree que algunas especies de este género pueden estar involucradas en la prevención de la enfermedad de Crohn's, el cáncer de colon, la disminución del colesterol, prevención de diarrea, constipación, infecciones alimentarias e infecciones urinarias.

Según Guevara y Morales (2005), en años recientes se presenta un creciente interés por agentes probióticos que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal del consumidor permitiendo controlar microorganismos patógenos por medio de la estimulación del sistema inmune, acidificando el contenido intestinal y aportando bacterias benéficas. Además, dentro de sus beneficios consta la estimulación de la síntesis de vitaminas y producción de enzimas, estabilización de la microflora, y reducción del riesgo de cáncer de colon.

Asimismo, las levaduras con su aporte de vitaminas y las enzimas bacterianas colaboran en una mejor degradación del alimento consumido, actuando como promotores de crecimiento, ya que su acción sobre el intestino favorece una mayor absorción y utilización de nutrientes (Berrocal, 2002).

### **1.2.1. Contextualización**

#### **1.2.1.1. Macro**

De todos los productos lácteos acidificados, el yogurt es el más popular a nivel mundial. El consumo más alto de yogurt se da en los países del Mediterráneo, en Asia y en Europa Central.

De acuerdo a Zenith (2010), el mercado mundial del yogurt ha mostrado un fuerte crecimiento desde 2003, con un incremento previsto del 38% en el consumo en más de 70 países hasta el 2012. Se prevé un incremento de 11 millones de toneladas en el año 2003 a 16 millones de toneladas en el año 2012. En promedio, el consumo está aumentando aproximadamente en un 2,5% por año.

Gran parte del crecimiento en el consumo de este derivado lácteo se debe a la funcionalidad de los probióticos añadidos, siendo especialmente apetecido en el mercado Europeo Occidental. Además, se espera un crecimiento dinámico en Oriente Medio, Asia Pacífico y EE.UU (Zenith, 2010).

El yogurt búlgaro es conocido a nivel mundial por su excelente calidad siendo importado por alrededor de 21 países de todo el mundo, entre los principales importadores se encuentran Francia, Alemania y Corea del Sur. El principal consumidor de yogurt búlgaro, exceptuando a Bulgaria, es Japón, con un consumo anual de 200.000 toneladas (Ube Zambrano, 2011).

El yogurt supuso un consumo del 41,1% del total de derivados lácteos en España; sin embargo, sus compras descendieron un 3,1% al igual que el gasto (6,3%), debido al descenso de su precio medio (3,3%), situándose en los 2,37 €/litro. Los hogares con un consumo intenso de yogurt son hogares numerosos (más de 3 personas).

Durante marzo 2013, el consumo per cápita de yogurt en los hogares de España fue de 15,53 litros/persona/año, equivalente a 570 litros/persona/año), siendo los hogares constituidos por parejas adultas sin hijos y las parejas jóvenes sin hijos, los que más disminuyeron su consumo llegando aun 8,8% y 9,4% respectivamente, con una tasa media de 18,57 litros/persona/año en el primer tipo de hogar y 14,13 litros/persona/año los hogares más jóvenes (Moreno, 2014).

En EE.UU. el yogurt de sábila es consumido por los beneficios curativos que tiene esta milagrosa penca, constituyéndose en una de las bebidas favoritas en los norteamericanos (Ysique, 2010).

#### **1.2.1.2. Meso**

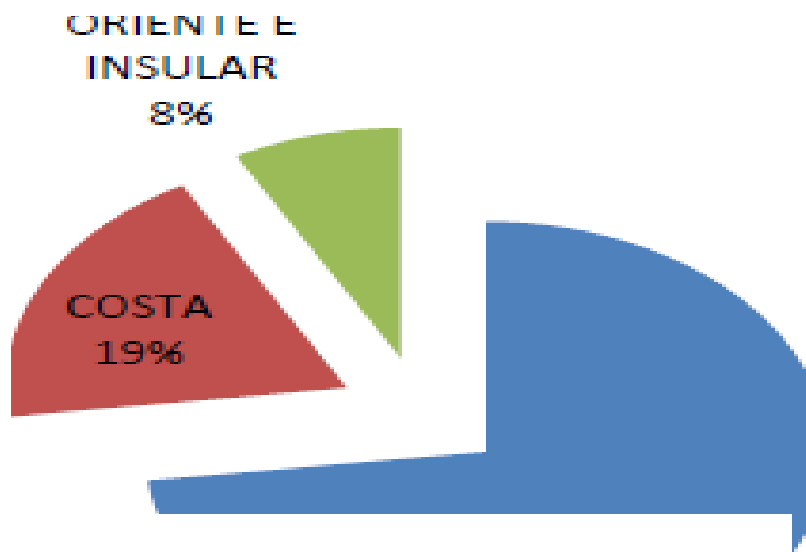
En Ecuador la planta de sábila es conocida tradicionalmente y existen plantaciones cuyos cultivos se destinan al comercio local, aunque muy dispersas por diferentes zonas y regiones; sin embargo, la mayoría de industrias que adquieren estos cultivos se dedicadas a la elaboración de productos de belleza a base de gel de sábila (Marin, 2005).



En cuanto al mercado del yogurt, en Ecuador se destinan alrededor de 201.309 litros/día de leche para la elaboración de este alimento, representando el 9% de la producción a nivel nacional de derivados lácteos.

Pese a estas cifras, el nivel de ventas del país no se iguala al de otros países de la región; por ejemplo, en Ecuador se consumen 30.000 litros de yogurt/mes que es un valor mínimo frente a los 100.000 litros de yogurt/mes que se consumen en Colombia. De allí que las comercializadoras han implantado agresivas estrategias publicitarias para ganar consumidores. Marcas como Tony, Chivería y Alpina aprovecharon que los productos "light" están en boga y lanzaron varias presentaciones. Otras compañías regalan cantidades extras en cada envase, como es el caso de Miraflores; también hay las que expenden el producto con cereales y listo para el consumo escolar (Hernandez, 2003).

La producción de derivados lácteos se agrupa en la zona centro-norte de la Sierra ecuatoriana con un 73% (Gráfico 1), esto se debe principalmente a las condiciones climáticas que hacen favorable la obtención de una leche de mejor calidad; mientras que en la región Costa se procesa un 19% y entre la región Oriental e Insular cubren un 8% (INEN, 2010).



**Gráfico 1.** Porcentaje de producción de leche en Ecuador por regiones

1.2.1.3.

Fuente: INEN, 2010

Micro

Según datos estadísticos del Sistema de Información Agropecuaria (Siagro, 2006), en Tungurahua se producen 265 mil litros de leche diarios, que representa un 6,18% de la

producción lechera en la región Sierra. Hay centros de acopio como en la parroquia Santa Rita, ubicada en el Cantón Píllaro, que reúne 2.000 litros diarios de leche; en segundo lugar está la parroquia Hualcanga, en el cantón Quero, que recibe la misma cantidad de leche, y finalmente la parroquia Sucre, en el cantón Patate, que al momento almacena 1.300 litros diarios. Esta leche es comercializada por la Asociación de Ganaderos de la Sierra y el Oriente (AGSO), que previamente revisa la calidad de la producción de los granjeros de toda la Provincia (Sica, 2005).

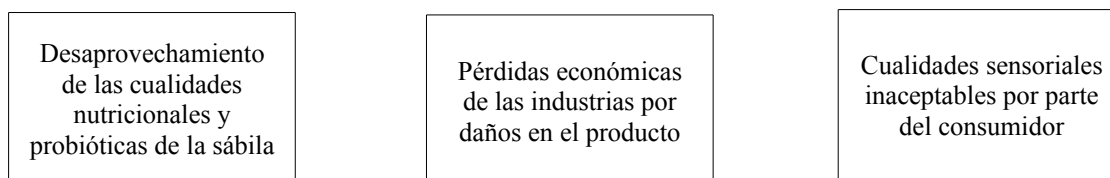
Pura Crema es la principal industria productora de yogurt con una producción semanal de 30.000 litros, abastece a la provincia de Tungurahua, parte de la región Costa y a la región Oriente; es una empresa consolidada en nuestro país que ha alcanzado una posición en el mercado por la aceptación que tiene el producto entre los consumidores, el costo por litro de yogurt es de \$ 0,80 aproximadamente (Sica, 2005).

### 1.2.2. Análisis crítico

El desconocimiento de las propiedades nutricionales de la sábila (*Aloe vera*), ocasiona el desaprovechamiento de su alto contenido de proteínas, aminoácidos y minerales, además de sus características probióticas. (Spoerke, et al. 2000). A esto se suma la baja innovación tecnológica en el sector de los derivados lácteos, que ha ocasionado una insuficiente generación de alimentos novedosos y nutritivos.

Por ello, en la presente investigación, se ha visto la necesidad de elaborar yogurt con la adición de sábila y estudiar sus parámetros reológicos por la importancia que estos tienen en el conocimiento de su estructura, en el control de procesos, en el transporte por tuberías, en el dimensionamiento de equipos y en la aceptación del producto.

#### 1.2.2.1. Diagrama causa – efecto



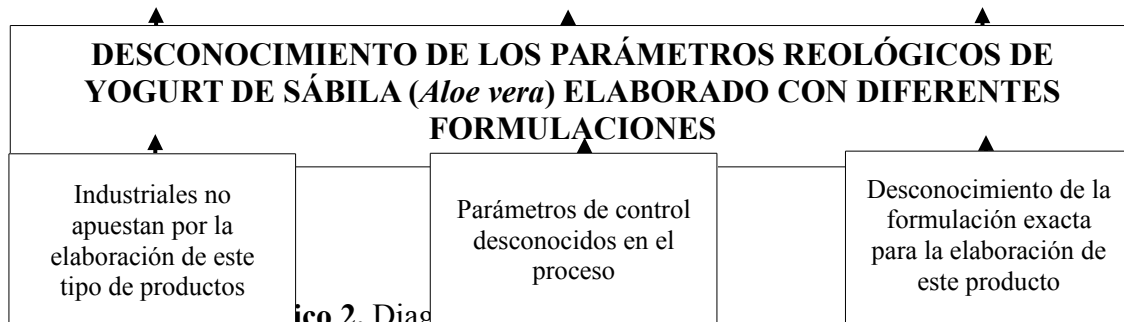


Figura 2. Diag

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

#### 1.2.2.2. Prognosis

La investigación busca impulsar el cultivo de sábila (*Aloe vera*) en el país, buscando un mercado de demanda en la industria alimentaria. Se ha decidido incorporar esta planta en un alimento de consumo másivo, como es el yogurt, para que los consumidores se beneficien de sus propiedades nutricionales y probióticas. Además busca diversificar los sabores de yogurt que se presentan en el mercado local. De no realizar estudios como este, no se logrará los objetivos antes mencionados.

#### 1.2.2.3. Formulación del problema

¿Los parámetros reológicos del yogurt de sábila (*Aloe vera*) varían en función de la formulación?

#### 1.2.2.4. Interrogantes

- a. ¿Las formulaciones elaboradas presentan diferentes valores de tiempo de fermentación, °Brix, pH, porcentaje de sinéresis y calidad sensorial?
- b. ¿Influye la formulación en los parámetros reológicos: índice de consistencia (k) e índice de comportamiento de flujo (n), del yogurt de sábila?
- c. ¿Qué composición proximal presenta la formulación obtenida como mejor tratamiento en la evaluación sensorial?

- d. ¿Se pueden llegar a establecer modelos matemáticos a partir de los datos experimentales obtenidos?

#### **1.2.2.5. Delimitación del objetivo de investigación**

<b>Área:</b>	Alimentos
<b>Sub-área:</b>	Tecnología de lácteos
<b>Sector:</b>	Lácteo
<b>Sub-sector:</b>	Yogurt
<b>Delimitación temporal:</b>	La presente investigación científica se realizó de noviembre 2014 a febrero 2015
<b>Delimitación espacial:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos - Universidad Técnica de Ambato

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La investigación es de gran interés porque promueve el estudio del comportamiento reológico de yogurt de sábila elaborado con diferentes formulaciones, estos datos son de gran interés de cara a la construcción de equipos, al estudio de la estructura del alimento, en el transporte del producto a través de tuberías y canales, a más de ser un parámetro de control de calidad.

El presente estudio es importante porque a parte de ser un producto innovador podrá ser considerado como un alimento probiótico de buenas características sensoriales y nutricionales, con una consistencia que agrade a los consumidores.

La investigación es factible porque existe acceso a información amplia en revistas técnicas, libros e internet, que servirá de base para la realización de la investigación. Además, se dispone de los equipos e instrumentos de laboratorio necesarios.

La investigación tiene utilidad práctica porque una vez desarrollada la investigación, los resultados servirán de base para empresarios que están apostando por la elaboración de esta clase de productos.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. General**

- Determinar los parámetros reológicos de yogurt de sábila (*Aloe vera*) elaborado con diferentes formulaciones, variando el porcentaje de grasa, inóculo y sábila, mediante el uso del viscosímetro Brookfield.

### **1.4.2. Específicos**

- Analizar el tiempo de fermentación, los °Brix, el pH, el porcentaje de sinéresis y la calidad sensorial de las diferentes formulaciones.
- Evaluar los parámetros reológicos: índice de consistencia (k) e índice de comportamiento de flujo (n) de las diferentes formulaciones mediante el uso del viscosímetro Brookfield, por cuantificación del esfuerzo de deformación (T) y la velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ).
- Analizar la composición proximal de la formulación obtenida como mejor tratamiento en la evaluación sensorial.
- Proponer un modelo matemático para predecir el comportamiento reológico del yogurt de sábila obtenido como mejor tratamiento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Una investigación realizada por Peñalosa (1978), sobre la optimización de parámetros en la fermentación láctica utilizando *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, concluye que para la fabricación de yogurt se requiere de una cepa microbiana resistente y estable. Además, asegura que la temperatura de incubación y la agitación inciden directamente sobre la velocidad específica de crecimiento de los microorganismos, mientras que el

calentamiento de la leche, el pH inicial y final de la fermentación, la adición de leche en polvo y de cloruro de calcio influye sobre el valor organoléptico del yogurt.

Escobar y Garzon (1989), probaron la adición de leche de soya en la elaboración de yogurt obteniendo mejores resultados con la mezcla de 70% leche de vaca, 30% leche de soya y 3% de soya en grano, que fermentó con un pH de 4,21. Además, mencionan que el porcentaje de leche de soya en la mezcla incide directamente sobre el tiempo de fermentación, mientras que el pH inicial y final influye sobre el sabor del yogurt. Asimismo, concluyen que para la elaboración del yogurt es importante utilizar un cultivo microbiano mixto es decir que crezca en forma asociada y que sea resistente y estable. Finalmente concluyen que el pH y la acidez final del yogurt son factores que inhiben el crecimiento de hongos.

Alvarado (1996), estudió cambios en las propiedades reológicas de diferentes alimentos llegando a establecer que la mayoría de alimentos procesados presentan un comportamiento no-newtoniano en el momento de ser consumidos. Además, menciona que la leche es un caso especial porque inicia como un fluido newtoniano y los productos elaborados a partir de ella son no-newtonianos como es el caso del yogurt, y llega incluso a ser una estructura sólida en la elaboración de quesos.

Para el caso de crema, yogurt, mantequilla y dulce de leche Alvarado (1996), uso el viscosímetro rotacional acoplado al adaptador de cilindros concéntricos con abertura estrecha. En el yogurt el análisis por triplicado reveló un comportamiento pseudoplástico. En este estudio el comportamiento reológico se vio influenciado por la materia prima y el proceso de elaboración.

Ortiz y Gutierrez (1998), estudiaron el uso de parámetros reológicos como índices de control durante la elaboración de leche acidófila, concluyeron que la leche semidescremada con bajo nivel de caseinato de sodio y un alto porcentaje de iniciador, así como la leche descremada y entera con bajos niveles de caseinato de sodio y de iniciador, presentaron el mejor comportamiento reológico. La leche acidófila se mantiene a 5°C por un tiempo máximo de 5 días, presentando un cambio mínimo en el índice de consistencia y ausencia de microorganismos patógenos. La adición de caseinato de sodio en polvo, causa un incremento

de la concentración de la proteína como también de la viscosidad y con ello de la consistencia de la leche acidófila.

Llerena y Poaquiza (2005), elaboraron un yogurt en base a una mezcla de leche y leche de garbanzo seco (*Cicer arietinum*). Comprobaron que la sustitución parcial con leche de garbanzo genera un considerable incremento en el contenido proteico sin afectar las propiedades físico-químicas del yogurt según el análisis estadístico realizado. Mediante un análisis sensorial se determinó que la formulación más aceptada fue la elaborada con 80% de leche semidescremada (1,5% materia grasa) y 20% de leche de garbanzo seco (*Cicer arietinum*).

Pilatasig (2008), construyó un equipo de fácil manejo para la determinación de parámetros reológicos en fluidos alimentarios, especialmente para yogurt. Se realizaron pruebas preliminares de funcionamiento empleando dos fluidos Newtonianos: agua y leche. Los factores de estudio fueron la temperatura y el diámetro interior del capilar. Se concluyó que la utilización del equipo construido con el capilar de 2,5 mm proporciona resultados adecuados, además observó que a 10 y 20 °C los datos obtenidos se aproximan a valores bibliográficos.

Manzano (2008), empleó la viscosidad aparente y el índice de consistencia como indicadores de calidad de yogurt. Los datos se obtuvieron en el equipo construido por Pilatasig (2008) y fueron validados con el uso de un viscosímetro rotacional, el análisis estadístico reveló ausencia de diferencias significativa.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

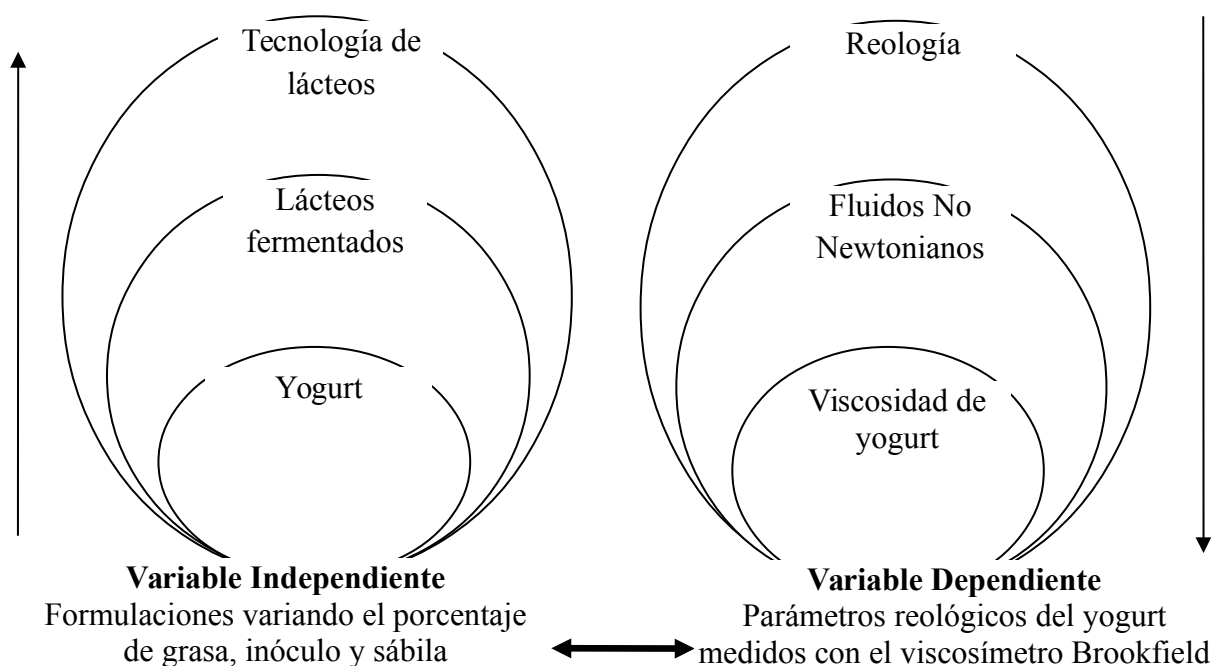
La investigación, se ubica en el paradigma positivista, ya que tiene la visión de una realidad y una comprensión especial que puede ser dinámica ya que está en constante cambio y establece propuestas viables que permiten superar el problema. Además tiene un fundamento de carácter académico científico con clara predisposición dialéctica en la que predomina el análisis, porque permite desglosar las partes del tema investigativo y someterlo al crisol de la ciencia.

## **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

La normativa vigente en la cual se respalda la presente investigación es la siguiente:

- Norma INEN 2395-2009 Leches fermentadas. Requisitos (INEN 2395, 2009)
- Norma INEN 0702:2010 Leche semidescremada. Requisitos (INEN 0702, 2010b)
- Norma INEN 09:2012 Leche cruda. Requisitos (INEN 0009, 2012)

## 2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



### 2.4.1. Marco conceptual de la variable independiente

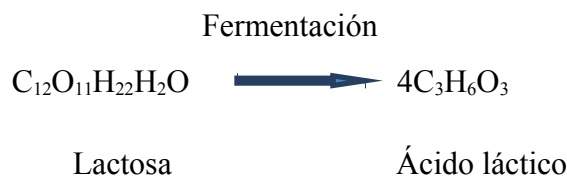
#### 2.4.1.1 Tecnología de lácteos

Se conoce como tecnología de lácteos al conjunto de conocimientos [técnicos](#), [científicamente](#) ordenados, que permiten diseñar y crear alimentos a partir de la leche. En esta tecnología es muy importante la innovación para obtener productos nuevos, vendibles y mejorados. En el mundo actual, los países han comprendido que en cuanto a competitividad el desafío consiste en lograr procesos idóneos de producción que respondan a las necesidades del medio logrando mayor agregación de valor y conocimiento, por ello la ciencia, la tecnología y la innovación son indispensables (Sotelo, 2007).



### 2.4.1.2 Lácteos fermentados

En la elaboración de este tipo de lácteos el objetivo es la fermentación, proceso en el que la lactosa se transforma en ácido láctico (Figura 1)



**Figura 1.** Fermentación de lactosa

La fermentación de la lactosa es llevada a cabo por dos microorganismos *S.thermophilus* y *L.bulgaricus*. Dichos microorganismos requieren que la lactosa se encuentre descompuesta en sus componentes monosacáridos glucosa y galactosa, y esto se logra por hidrólisis y por la actuación de la enzima  $\beta$  galactosidasa. En el metabolismo de la lactosa, el papel de las enzimas específicas es importante al igual que el de las coenzimas Adenosin Trifosfato (ATP) y Nicetinaamida-adenina dinucleotido (NAD). El ATP es fuente de energía y agente fosforilante de los azúcares, mientras el NAD en su forma oxidada ( $\text{NAD}^+$ ) y en su forma reducida ( $\text{NADH}+\text{H}^+$ ), es indispensable en las reacciones de hidrogenación y deshidrogenación. La galactosa para que pueda ser fermentada debe transformarse en glucosa 6-fosfato mediante la vía de interconversión galactosa-glucosa, la que cumple con varias etapas (Brock, 1970).

Durante la elaboración de yogurt una vez hecho el tratamiento térmico se enfría hasta la temperatura de incubación del iniciador (por lo general a  $40^\circ\text{C}$ ), es decir en las condiciones óptimas del cultivo. En algunos casos el periodo de incubación puede ser de solo dos horas para cultivos iniciadores activos (*S.thermophilus* y *L.bulgaricus*).

El proceso de agitación tiene importancia en el proceso, ya que facilita la distribución de las bacterias en la leche, y esto asegura un mismo nivel de acidez lo que ayuda a la obtención de un coágulo homogéneo (Brock, 1970).

### 2.4.1.3. Yogurt

De acuerdo a la norma INEN 2395 (2009), yogurt es un “producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas durante la vida útil del producto”.

Las bacterias liberan ácido láctico como producto de deshecho, el incremento de la acidez provoca a su vez que las proteínas de la leche precipiten en una masa sólida de textura y sabor característico. La mayor acidez (pH 4-5) también evita la proliferación de otras bacterias potencialmente patógenas. Generalmente en un cultivo se incluyen dos o más bacterias diferentes para conseguir una fermentación más completa, principalmente *Streptococco salivarius*, *Streptococco termofilus* y miembros del género *Lactobacillus*, tales como *L. bulgaricus*, *L. casei* y *L. bifidus* (Tamime et al., 1990).

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 incitando la producción de interferón (glucoproteína que inhibe el desarrollo de virus patógenos), y por ende aumentan la cantidad de inmunoglobulinas y activan los linfocitos (Tamime et al., 1990).

Además, el yogurt se digiere mejor que la leche, debido a la fermentación de la lactosa, así también ayuda a asimilar los nutrientes, especialmente en ancianos, cuando la deficiencia de jugos gástricos no permite su absorción.

Los productos lácteos obtenidos por coagulación, en especial el yogurt, presentan un gel de textura pobre con tendencia a la sinéresis o desuerado, por lo que su consistencia es más firme que la leche. Con la cantidad natural de sólidos de la leche, el gel formado es extremadamente débil 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. En la mayoría de industrias lácteas realizan este paso. Sin embargo, durante el almacenamiento, en especial a alta temperatura, el gel presenta sinéresis. Cabe recalcar que el pH del yogurt es de 4,2 – 4,5, así evita la formación de bacterias patógenas (Tamime et al., 1990).

## **a. Clasificación**

Se da por las siguientes consideraciones:

### **a.1. Por el método de elaboración**

#### **a.1.1. Líquido**

La inoculación de la leche pasteurizada se realiza en tanques de incubación, luego se bate y se envasa en estado líquido. La textura depende del extracto seco de la leche, la intensidad y duración del precalentamiento, del preservante, la velocidad y grado de acidificación, y las condiciones de refrigeración.

#### **a.1.2. Batido**

Es el producto en que la inoculación de la leche pasteurizada, se realiza en tanques de incubación, luego se bate y se envasa en estado medio líquido.

#### **a.1.3. Coagulado o aflanado**

Es el producto en que la leche pasteurizada es envasada inmediatamente después de la inoculación, logrando la coagulación en el envase.

Según la norma INEN 2395 (2009), se clasifica al yogurt según el proceso de elaboración como:

- a.** Bático
- b.** Coagulado o aflanado
- c.** Bebible
- d.** Concentrado
- e.** Deslactosado

### **a.2. Por el contenido de grasa**

#### **a.2.1. Entero**

Es aquel que no a sufrido modificación alguna en la leche. El nivel de grasa contribuye con

la viscosidad, textura y apariencias del producto, favorece el desarrollo del aroma y ayuda a evitar la sinéresis. Presenta un un contenido graso de 2,7 a 3%.

### **a.2.2. Semi descremado**

Para elaborar este tipo de yogurt la leche utilizada como materia prima se descrema hasta un contenido graso de 2,0 a 1%.

### **a.2.3. Descremado**

Es aquella que resulta de la extracción casi total de la materia grasa de la leche. El yogurt preparado con leche descremada, puede ser tomado por obesos, hepáticos, hipertensos y arterioscleróticos.

En este aspecto, la norma INEN 2395 (2009), clasifica al yogurt según el contenido de grasa como:

- a. Tipo I. Elaborado con leche entera, leche integra o leche integral.
- b. Tipo II. Elaborado con leche semi descremada o semidesnatada.
- c. Tipo III. Elaborado con leche descremada o desnatada.

## **a.3. Por el sabor**

### **a.3.1. Natural**

Se elabora sin adición alguna de saborizante, esencias, pectina, fruta, azúcares y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizadores y conservadores.

### **a.3.2. Frutado**

Es aquel al que se le agrega fruta procesada en pulpa o trozos y aditivos permitidos por la autoridad sanitaria. Las frutas secas son una excelente fuente de energía, estas otorgan el más alto porcentaje de calorías. La mezcla del yogurt con las frutas secas se convertirá entonces en un producto de elevado poder energético, además de representar un producto con propiedades óptimas en la digestión.

### **a.3.3. Saborizado**

Es aquel que tiene saborizantes naturales y/o artificiales, y otros aditivos permitidos por la autoridad sanitaria.

Según la norma INEN 2395 (2009), se clasifica al yogurt según los ingredientes como:

- a.** Natural
- b.** Con fruta
- c.** Azucarado
- d.** Edulcorado
- e.** Con otros ingredientes
- f.** Saborizado o aromatizado

### **b. Propiedades nutritivas**

El yogurt se convirtió en un alimento popular en el siglo XX. La longevidad de los pueblos balcánicos llamó la atención de Metchnikoff quien demostró los efectos de las bacterias del yogurt sobre la flora intestinal (Aranceta & Serra, 2004).

Los organismos vivos de este alimento transforman la lactosa en ácido láctico, un componente que impide el desarrollo de bacterias perjudiciales en el intestino derivadas de la descomposición de los alimentos. Este investigador también halló interesantes propiedades nutritivas derivadas de su gran cantidad de vitaminas del grupo B.

La acción sobre el sistema digestivo convierte al yogurt en una auténtica defensa natural contra todo tipo de infecciones y enfermedades. Además, reduce el colesterol y permite absorber las grasas mucho más fácilmente. Asimismo equilibra el intestino, controlando los posibles casos de diarrea y estreñimiento. También minimiza los efectos negativos de los antibióticos y protege el estómago de la erosión que producen ciertos medicamentos (Aranceta y Serra, 2004).

Hoy existen muchas variedades de yogurt. La cuidadosa elaboración mediante tanques de leche pasteurizada y homogeneizada permite darle a la leche las condiciones necesarias para generar las bacterias que hacen de este producto un alimento único. La Tabla 1 muestra

la composición química típica del yogurt.

**Tabla 1.** Composición química del yogurt

<b>Determinación</b>	<b>Yogurt con base en Leche</b>
Humedad (%)	85,1
Cenizas (%)	0,7
Proteínas (%)	6,3
Extracto etéreo (%)	1,0
Hidratos de carbono (%)	6,9
pH	4,2
Acidez (g ácido láctico/100g)	1,7
Viscosidad (cp)	5,500
Energía (kcal/100g)	64,6

**Fuente:** Scielo, 2010

#### **2.4.1.4 Proceso de elaboración del yogurt**

##### **a. Materias primas**

###### **a.1. Leche**

La leche de vaca cruda es un líquido de color blanco amarillento que ha adquirido gran importancia en la alimentación humana. Al hablar de leche, se entiende única y exclusivamente la leche natural de vaca. Caso contrario debe especificarse la procedencia: leche de cabra, leche de oveja, etc. La leche cruda de vaca no se destina directamente al consumo humano, sino que es sometida a diferentes tratamientos térmicos a través de los cuales se obtienen las leches de consumo (Alais, 1985).

Según Gutierrez (2004), existen algunas otras definiciones con respecto a la leche y es que

estos se han analizado desde diferentes puntos de vista los que a continuación se nombra:

**Legal**, cumple con las características físico – químicas y microbiológicas establecidas por la ley.

**Dietética**, es un alimento completo que entrega la naturaleza como tal.

**Química**, es uno de los fluidos más complejos que se conoce.

**Física**, líquido de color blanco en el que se mantienen en suspensión algunos de sus componentes, en si la leche es el producto íntegro y fresco, secretado de las glándulas mamarias de la ordeña completa de los animales sanos bien alimentados en reposo; exento de calostro y que cumpla con las características físicas.

La obtención de la leche cruda se realiza a través del ordeño que debe llevarse a cabo de manera higiénica para garantizar la salubridad del producto. El ordeño se a de realizar sin interrupciones, lo más rápidamente posible y de forma completa. La leche cruda, aunque proceda de animales sanos y haya sido obtenida bajo condiciones adecuadas, es un producto más o menos contaminado, y supone un excelente vehículo de enfermedades como brucelosis y tuberculosis.

Hoy en día, el ordeño se lleva a cabo, en la mayoría de los casos, de forma mecánica y automática. La leche que se obtiene se somete a refrigeración (4°C), inmediatamente en tanques de acero inoxidable. La leche es recogida de los tanques por camiones cisterna, también refrigerados, a través de los que se transporta hasta la planta procesadora.

Una vez en la central lechera, la leche cruda que se recibe se trata para obtener leche de consumo o derivados lácteos. El tipo de tratamiento que se le aplica depende del producto a elaborar. Sin embargo, antes de su procesado la leche siempre se somete a unos tratamientos generales que tienen por objeto destruir los microorganismos patógenos y adecuar su composición a los tratamientos de elaboración a los que será sometida. La composición de la leche varía de acuerdo a la raza, alimentación, edad, periodo de lactación, época del año, sistema de ordeño de la vaca, y tipo de procesamiento como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición nutritiva de leche entera, semidescremada y descremada

<b>Componente</b>	<b>Entera</b>	<b>Semidescremada</b>	<b>Descremada</b>
Agua (ml)	88,6	91,5	91,5
Energía (kcal)	65	49	33
Proteína (g)	3,3	3,5	3,4
Grasa (g)	3,7	1,7	0,1
AGS (g)	2,2	1,1	0,1
AGM (g)	1,2	0,6	0
AGP (g)	0,1	0	0
Colesterol (mg)	14	9	2
Hidratos de carbono (g)	5	5	5
Calcio (mg)	121	125	130
Vitamina B2 (mg)	0,2	0,2	0,2
Niacina (mg)	0,8	0,2	0,8
Vitamina B12 (µg)	0,3	0,3	0,3
Vitamina A (µg)	48	23	0
Vitamina D (µg)	0,03	0,01	0

AGS = grasas saturadas; AGM = grasas monoinsaturadas; AGP = grasas poliinsaturadas

**Fuente:** (Eroski, 2012)

Existen diferentes tipos de leches de acuerdo al procesamiento al que han sido sometidos, dentro de los principales tipos están:

#### **a.1.1. Leche entera**

Es aquella que presenta el mayor contenido en grasa láctea, con un mínimo de 3,2 gramos por 100 gramos de producto. Tanto su valor calórico como su porcentaje de colesterol son más elevados con respecto a la leche semidesnatada o desnatada.

#### **a.1.2. Leche semidesnatada**

Es la leche a la que se le ha eliminado parcialmente el contenido graso, y este oscila entre 1,5 y 1,8 gramos por 100 gramos de producto. Su sabor es menos intenso y su valor



nutritivo disminuye por la pérdida de vitaminas liposolubles A y D, aunque generalmente se suelen enriquecer en esas vitaminas para paliar dichas pérdidas.

### **a.1.3. Leche desnatada**

Mantiene todos los nutrientes de la leche entera excepto la grasa, el colesterol y las vitaminas liposolubles. Muchas marcas comerciales les añaden dichas vitaminas para compensar las pérdidas.

### **a.2. Fermento**

Los fermentos o cultivos iniciadores más ampliamente utilizados son la mezcla simbiótica de *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, aunque pueden crecer independientemente, el grado de producción de ácido láctico es más alto cuando se utilizan ambos. El *Streptococcus thermophilus* crece rápidamente y produce ácido fórmico y dióxido de carbono, provocando el descenso inicial del pH hasta 5, haciendo que el yogurt coagule. El ácido fórmico y el dióxido de carbono producido estimula el crecimiento del *Lactobacillus bulgaricus* que es el responsable del descenso de pH a 4. A su vez la actividad proteolítica del *Lactobacillus bulgaricus* produce péptidos y aminoácidos que estimulan el crecimiento del *Streptococcus*.

Estos microorganismos son los responsables finalmente de la formación de aroma y textura típicos del yogurt. Entre los compuestos responsables del aroma típico del yogurt se encuentran: acetaldehído, acetoína, diacetilo y etanol (Tamime et al., 1990).

Los fermentos lácticos se venden liofilizados y por lo general son de volúmenes de 500 litros o más. Para usarlos en volúmenes menores se deben efectuar cálculos matemáticos a fin de llegar a la cantidad adecuada. El método que se usa comúnmente para su preparación requiere un litro de agua tibia previamente hervida con la adición de 130 gramos de leche en polvo, la mezcla se somete a pasteurización a 85°C por 20 minutos y se enfría a 4 °C. A este preparado se agrega el contenido del sobre de cultivo y se agita hasta su completa disolución. El cultivo debe mantenerse en congelación y antes de ser utilizado debe descongelarse a temperatura de refrigeración.

### **a.3. Sábila (*Aloe vera*)**

La sábila (*Aloe vera*), es una especie vegetal originaria del continente africano, cuyo aprovechamiento data desde las antiguas civilizaciones egipcia, romana, árabe, india y china por sus propiedades medicinales y cosméticas. Actualmente se aprovecha las cualidades emolientes, humectantes, hidratantes y desinfectantes por el contenido de saponinas, glucósidos y polisacáridos, que son ideales para la elaboración de cremas, y desde el punto de vista medicinal para tratamiento de quemaduras. También se utiliza el jugo de sábila para la preparación de bebidas refrescantes y medicinales por el contenido de proteínas, minerales, enzimas y otros complementos que le dan cualidades aperitivas, nutritivas, tónicas y reconstituyentes (Álvarez, 1978).

Científicamente hasta hace unos 20 años, su aplicación se redujo a la utilización del acibar como catártico. Fueron unos investigadores japoneses, quienes a partir de los años 80 experimentaron en forma sistemática los polisacáridos contenidos en el gel (Retamar, 1995), entre los que se encuentran los glucomananos, los cuales constituyen alrededor del 0,2 - 0,3% del gel fresco y otros con elevados contenidos de galactosa, glucosa, manosa, pentosa y ácidos uránicos que los hacen casi insustituibles como regeneradores tisulares (Yaron, 1991).

El gel de *Aloe vera* es mucilaginoso y se lo obtiene del tejido parenquimático del centro de la hoja. El gel es viscoso, incoloro y transparente, más bien insípido y sin el fuerte olor de la goma obtenida de la cáscara.

La composición y propiedades físico-químicas del gel pueden variar en función de la lluvia y el riego, del terreno, la época de recolección de las hojas y de su almacenamiento, según la forma de obtención del gel y su almacenamiento (Council, 2012).

Un 99,4% del peso del gel de *Aloe vera* es agua. Más del 60% de los sólidos totales presentes son polisacáridos ligados a azúcares como glucosa, manosa, xilosa, arabinosa, galactosa y ácidos uránicos. El mucílago está compuesto de diferentes polisacáridos neutros, ácidos y acetilados (mananos, glucomananos, galactomananos), responsables de la gran capacidad que tiene la planta para retener agua y gracias a la cual puede sobrevivir en condiciones de sequía.

Los polisacáridos mucilaginosos son los principales activos responsables de la actividad biológica del gel de *Aloe vera* (Gampel, 2002), destaca al acemanano compuesto que ha despertado gran interés por sus propiedades farmacológicas y como componente activo importante del gel y el "aloerido", polisacárido de elevado peso molecular recientemente identificado, constituido por glucosa, galactosa, manosa y arabinosa y que según parece posee una actividad inmunoestimulante superior a la del acemanano (Council, 2012).

Sisa (2000), expresa que el gel obtenido del *Aloe vera* produce seis agentes antisépticos de elevada actividad antimicrobiana: el ácido cinamónico, un tipo de urea nitrogenada, lupeol, fenol, azufre, ácido fólico y ácido salicílico natural que combinado con el lupeol tiene importantes efectos analgésicos.

Entre los minerales presentes están el yodo, cobre, hierro, zinc, fósforo, sodio, potasio, magnesio y gran cantidad de calcio (Tabla 3).

Es una de las pocas especies que contiene vitamina B12, además de vitamina A, B1, B2, B6, y C. Además, contiene fuertes proporciones de germanio que actúa como filtro depurador del organismo, elimina los venenos y desechos de las células, reestructura y revitaliza la médula ósea, reactiva el sistema inmunológico y estimula la producción de endorfinas que calman el dolor.

**Tabla 3.** Composición química de la sábila (*Aloe vera*)

<b>ANÁLISIS</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>UNIDADES</b>
	<b>O</b>	
Proteínas	0,1	g/100g
Humedad	99,4	g/100g
Grasas	0,1	g/100g
Cenizas	0,2	g/100g
Fibra cruda	<0,1	%
Energía	2,1	cal/100g
pH	4,30 - 0,30	-
<b>AMINOÁCIDOS</b>		
Lisina	16,3	µg/100g
Histidina	3,4	µg/100g
Arginina	14,3	µg/100g
Ácido aspártico	28,3	µg/100g

Trionina	13,6	µg/100g
Serina	18,3	µg/100g
Glutamina	26,3	µg/100g
Prolina	9,4	µg/100g
Valina	14,1	µg/100g
Metionina	1,3	µg/100g
Isoleucina	6,9	µg/100g
Leucina	14,5	µg/100g
Tirosina	4,0	µg/100g
Fenilalanina	13,4	µg/100g
Triptófano	<7,0	µg/100g
<b>VITAMINAS</b>		
Vitamina A	<100	ui/microg/1.009
Vitamina C	1	ui/microg/1.009
Tiamina	<0,01	ui/microg/1.009
Riboflamina (B12)	0,02	ui/microg/1.009
Niacina	0,11	ui/microg/1.009
<b>MINERALES</b>		
Cálcio	17,49	ppm
Fósforo	1,41	ppm
Potasio	68,14	ppm
Magnesio	5,96	ppm
Sódio	36,04	ppm
Hierrro	0,12	ppm
<b>ENZIMAS</b>		
Amilasa, celulasa, linasa, glucosa oxidasa, catalasa, cretina fosfokinasa, lactodihidrogenasa	Trazas	
<b>OTROS</b>		
Glucosa	52	Mg/dl
Colesterol total	89	Mg/dl

Fuente: (Marin, 2005)

De acuerdo con Gampel (2003), los sólidos restantes que componen el gel de *Aloe vera* y que también pueden contribuir a la actividad terapéutica, son sales orgánicas y ácidos (como el glutámico, málico, salicílico, cítrico, entre otros), enzimas (como celulasa, carboxipeptidasa y bradikininasa) aminoácidos (como lisina, histidina, glutamina, arginina, asparagina, tirosina, fenilalanina y triptófano), trazas de vitaminas (betacaroteno, B1, B2, B3, B6, C, E, colina y ácido fólico) y de minerales como calcio, hierro, potasio, magnesio, sodio, fósforo, entre otros.

La sábila es el producto utilizado en la elaboración de la bebida que sirve para el control de los desórdenes digestivos así como también para revitalizar y desintoxicar el cuerpo (Slatter, 2000). Estudios *in vitro* realizados por Gampel (2003), han permitido concluir sobre varias de las propiedades como la actividad sobre la mucosa gastroduodenal, y destaca el efecto protector ante lesiones de la mucosa gástrica, la actividad antiulcerosa y de inhibición del crecimiento del *Helicobacter pylori*. El acemanano podría ser útil en enfermedades inflamatorias intestinales como la de "Crohn" o la colitis ulcerosa (Eroski, 2012).

## **b. Puntos de control durante la elaboración**

### **b.1. Recepción de la leche**

Es un punto de control donde se debe realizarse verificaciones inmediatas en la leche cruda para elaboración de yogurt.

### **b.2. Pesado**

Consiste en que de acuerdo a la formulación a aplicarse se debe realizar los respectivos cálculos del resto de materias primas para proceder a pesar.

### **b.3. Filtración**

Esta etapa es indispensable para remover las impurezas, evitar el ingreso de partículas gruesas y malos olores de la leche al proceso.

### **b.4. Estandarización**

Se realiza con el objeto de impedir en la leche la formación de nata y mejorar el sabor y la consistencia del producto. Es un punto de control porque reduce el tamaño de los glóbulos grasos.

### **b.5. Pasteurización**

El objetivo es destruir los microorganismos patógenos que pueden transmitir enfermedades al consumidor. Se realiza un lapso de 4 o 5 min a 90°C-92 °C. Es un punto crítico de control pues porque se asegura la calidad sanitaria e inocuidad del producto.

### **b.6. Enfriamiento**

Se debe enfriar una vez incubado los inóculos a una temperatura adecuada para el desarrollo de mesófilos y termófilos (42°C) en este caso para la elaboración de yogurt.

#### **b.7. Inoculación/ Incubación**

Es un punto de control porque la cantidad de inóculo y el porcentaje de sábila agregado determinan el tiempo de fermentación y con ello la calidad de producto. Se cultiva un 3% de inóculo a 45°C, y un tiempo de incubación de 3 horas.

#### **b.8. Fermentación**

Se produce directamente en el pasteurizador, donde la fermentación culmina cuando se alcanzada la acidez requerida (0,75 a 0,8 % de acidez titulable).

#### **b.9. Enfriamiento**

Se realizará con la finalidad de detener el crecimiento de los microorganismos y terminar el desarrollo de la acidez. Se recomienda enfriar el producto a temperaturas menores a 10°C ya que a esa temperatura se inhibe el desarrollo de las bacterias.

#### **b.10. Batido**

Se procederá a batir para lograr un producto homogéneo.

#### **b.11. Envasado**

El producto envasado debe ser enfriado rápidamente para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío del envase.

#### **b.12. Almacenamiento**

Es un punto de control, ya que la refrigeración adecuada asegura la calidad sanitaria desde el fin de la producción hasta las manos del consumidor.

### **2.4.2. Marco teórico de la variable dependiente**

#### **2.4.2.1. Reología**

Reología es la parte de la [física](#) que estudia la relación entre el [esfuerzo](#) y la [deformación](#) en los materiales que son capaces de fluir. La reología es una parte de la [mecánica de medios](#)

continuos. Una de las metas más importantes en reología es encontrar ecuaciones constitutivas para modelar el comportamiento de los materiales. (Rao M.A., 1986)

Según Muller (1977), la reología se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes, pero con frecuencia trata también de la fricción entre sólidos, del flujo de polvos e incluso de la reducción a partículas a molduración.

Anuncia que existen tres razones fundamentales para justificar el estudio del comportamiento reológico de los cuerpos. Primero, se atribuye al conocimiento de su estructura, por ejemplo existe cierta relación entre el tamaño y forma molecular de las sustancias en disolución y su viscosidad, así como entre el grado de entrecruzamiento de los polímeros y su elasticidad.

Segundo, en la industria se efectúan con frecuencia medidas reológicas sobre las materias primas y los productos en la elaboración, que son de gran utilidad para el control de procesos. Tercero, la reología presta una valiosa ayuda al diseño de las máquinas, es preciso que tolvas, tuberías y bombas se adecuen a las características de los productos con los que van a ser utilizadas.

Existen dos obstáculos esenciales en la clasificación reológica, el primero está constituido por la enorme diversidad de materiales existentes: sólidas, líquidas, gaseosas y con propiedades reológicas intermedias. El segundo deriva del distinto comportamiento que cualquier producto ofrece al variar las condiciones en que se observa.

Se define a los fluidos como las sustancias que fluyen sin desintegrarse cuando se aplica una presión, lo cual incluye a gases, líquidos y ciertos sólidos. En especial para el caso de los líquidos se requieren diferentes esfuerzos de cizalla para permitir que las moléculas de una capa pasen a otra a cierta velocidad.

La relación entre el esfuerzo de cizalla requerido para inducir una determinada velocidad de deformación en cizalla caracteriza el comportamiento reológico de un fluido.

En los fluidos llamados newtonianos, el esfuerzo de cizalla es directamente proporcional a la velocidad de deformación en cizalla y la constante de proporcionalidad corresponde a la viscosidad. Muchos fluidos alimentarios se desvían de este comportamiento; pertenecen al

grupo de los fluidos no-newtonianos, en las cuales el término índice de consistencia es equivalente a una viscosidad no-newtoniana. Para definir el flujo se requiere de otros términos como el índice de comportamiento al flujo y en ciertos casos el esfuerzo de fluencia (Alvarado, 1996).

Los fluidos constituyen la mayor parte de los alimentos que ingiere el hombre, los adultos consumen más productos líquidos y pastosos, que alimentos sólidos por la facilidad de ingestión y digestión; en los niños y recién nacidos la importancia de los alimentos fluidos y particularmente líquidos es fundamental.

Como fluido se entiende toda porción de materia capaz de deformarse continuamente cuando es sujeta a una fuerza o deformación, a diferencia de los sólidos, los cuales o no se deforman o sólo se deforman hasta cierto punto.

Son fluidos todos los líquidos, los gases y otros fluidos de composición más compleja tales como las emulsiones y suspensiones, las pastas y los polímeros fundidos, entre otros (Alvarado, 1996).

En realidad, la clasificación de fluido o sólido deformable no es muy nítida en muchos casos; frecuentemente sólo puede hablarse del grado en que un fluido se acerca a uno u otro tipo de comportamiento, en tal sentido, el comportamiento de los fluidos se puede acotar entre dos extremos, siendo el comportamiento viscoso Newtoniano.

Huang (2008), utilizó la presión de flujo para calcular la viscosidad en fluidos newtonianos y no-newtonianos, los datos de viscosidad se compararon con el reómetro rotacional y estos se asemejan mucho, esta determinación recorta los rangos de la variabilidad de la viscosidad del yogurt.

#### **a.) Fluido newtonianos**

Son fluidos en los que el deslizamiento relativo de los elementos de fluido al circular uno sobre otro es proporcional al esfuerzo cortante sobre el fluido. Un fluido newtoniano se caracteriza por cumplir la Ley de Newton, es decir que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. (Singh y Helman, 1997)



### **b.) Fluido no - newtonianos**

Según Muller (1977), la relación entre esfuerzo cortante y la velocidad de deformación para fluidos no newtonianos no es lineal, estos fluidos a su vez se diferencian en dependientes e independientes del tiempo.

### **c.) Fluido pseudoplásticos**

Según Ibarrola (2008), los fluidos pseudoplásticos no tienen una tensión de fluencia para que comiencen a deformarse, pero la viscosidad medida por la pendiente de la curva es alta para bajas velocidades de deformación, y decrece con el incremento del gradiente de velocidad hasta alcanzar un valor asintótico  $(\mu_{\infty})$  constante. Además anuncia que la relación más simple que describe el comportamiento de los fluidos pseudoplásticos es la denominada ley potencial o de Ostwald (Ecuación 1).

$$\tau = k \times \dot{\gamma}^n \quad (\text{Ec. 1})$$

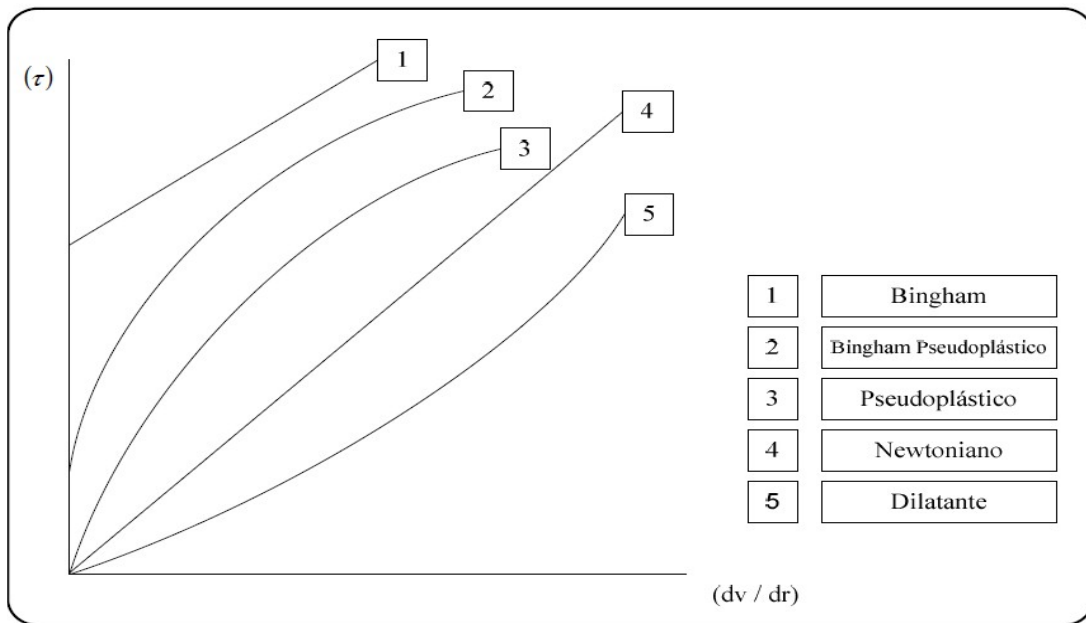
Siendo  $n < 1$

Donde k y n son constantes para un fluido particular. La constante "k" es una medida de la consistencia del fluido y se denomina índice de consistencia,  $\dot{\gamma}$  es la velocidad de deformación,  $\tau$  es la tensión tangencial y el exponente n es el indicativo de la desviación respecto al fluido con comportamiento newtoniano y se suele llamar índice de comportamiento.

Según Muller (1977), los líquidos pseudoplásticos son menos espesos cuando se someten a altas temperaturas de deformación que cuando se cizallan lentamente. La viscosidad aparente depende en ellos de la velocidad de deformación por cizalladura, pero no del tiempo durante el que están sometidos a la tensión cizallante.

En los fluidos pseudoplásticos la velocidad de deformación aumenta en proporciones más altas que la tensión tangencial, de manera que la viscosidad aparente desciende a medida que

aumenta la velocidad de deformación (intensidad de cortadura) (Figura 2). Además anuncia que el calificativo de pseudoplasticidad deriva de muestras en las que a tensiones bajas corresponden velocidades de deformación muy pequeñas de manera que las gráficas se parezcan mucho a las de un cuerpo de Bingham.



**Figura 2.** Reograma de fluidos: Relación entre el esfuerzo cortante requerido para inducir el flujo a varias velocidades de corte.

**Fuente:** (Toledo R., 1991)

#### 2.4.2.2 Viscosidad

La viscosidad se puede definir como una medida de la resistencia a la deformación del fluido, es una propiedad de transporte que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductor o fluido. Puede también interpretarse como la resistencia que ofrecen los fluidos a ser deformados, cuando son sometidos a un esfuerzo (Ecuación 2).

$$\tau = \mu \times \gamma \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde  $\tau$  esfuerzo cortante (mPa);  $\mu$  viscosidad (mPa×s) y  $\dot{\gamma}$  velocidad de deformación (s<sup>-1</sup>).

La viscosidad puede estar muy afectada por variables como el gradiente de velocidad de deformación, la temperatura y la presión entre otros. (Alvarado J, 2001)

## **2.5. HIPÓTESIS**

### **2.5.1. Hipótesis nula**

**Ho:** Los parámetros reológicos del yogurt de sábila no varían significativamente en función de las formulaciones propuestas con diferentes porcentajes de grasa, inóculo y sábila.

### **2.5.2. Hipótesis alternativa**

**Ha:** Los parámetros reológicos del yogurt de sábila varían significativamente en función de las formulaciones propuestas con diferentes porcentajes de grasa, inóculo y sábila.

## **2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1. Variable independiente**

Formulaciones variando el porcentaje de grasa, inóculo y sábila.

### **2.6.2. Variable dependiente**

Parámetros reológicos del yogurt medidos con el viscosímetro Brookfield.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE**

La presente investigación tuvo un enfoque constructivista con un criterio de juicio crítico y propositivo, es constructivista porque los conocimientos y la investigación es fruto de la revisión bibliográfica del autor, además permite abrir un campo de investigación muy amplio. Tiene juicio crítico porque refleja el nivel de conocimiento adquirido en los diferentes semestres que oferta la facultad y es propositivo porque se registra una solución al problema investigado. Además, cuestiona los esquemas de hacer investigación que están comprendidas con la lógica instrumental del poder (Carranza, 2000).

#### **3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación las modalidades utilizadas fueron:

##### **3.2.1. Investigación bibliográfica**

Esta basada en esta modalidad ya que recolectó información en diferentes fuentes primarias y secundarias. Primarias en cuanto se refiere a recabar información directamente del objetivo en estudio, y secundarias en cuanto tiene que ver con libros, revistas de difusión internacional a las que se tiene acceso en el campus de la Universidad Técnica de Ambato.

##### **3.2.2. Investigación de campo**

La investigación de campo es el estudio sistemático de los hechos en el lugar que producían los acontecimientos. Esta modalidad se realizó en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, donde se evaluaron los parámetros reológicos del yogurt de sábila.

### 3.2.3. Investigación experimental

Se utilizó la investigación experimental que nos permite someter las variables para así observar los efectos sobre los parámetros reológicos.

## 3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo exploratorio y descriptivo, es exploratorio porque nos permite desarrollar temas nuevos o poco conocidos, la cual ayudará al interés de nuevas investigaciones, que beneficien tanto al investigador como a la población. Es descriptivo porque compara entre dos fenómenos en este caso dos variable, la variable independiente (formulaciones variando el porcentaje de grasa, inóculo y sábila) y la variable dependiente (parámetros reológicos del yogurt medidos con el viscosímetro Brookfield).

## 3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación se basa en un apropiado diseño experimental mediante un diseño factorial de  $2^n (2^3)$ , es decir 3 factores de estudio con 2 niveles cada uno (Ecuación 3).

$$Y_{ijk1} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + R_1 + E_{ijk1} \quad (\text{Ec. 3})$$

$Y_{ijk1}$ : Variable observada de acuerdo a la característica medida.

$\mu$ : Medida global para todas las observaciones.

$A_i$ : Efecto de  $i$  - ésimo nivel del factor A;  $i = 1 \dots a$

$B_j$ : Efecto de  $j$  - ésimo nivel del factor B;  $j = 1 \dots b$

$C_k$ : Efecto de  $k$  - ésimo nivel del factor C;  $k = 1 \dots c$

$(AB)_{ij}$ : Efecto de la interacción entre los factores A, B

$(AC)_{ik}$ : Efecto de la interacción entre los factores A, C

$(BC)_{jk}$ : Efecto de la interacción entre los factores B, C

$(ABC)_{ijk}$ : Efecto de la interacción entre los factores A, B, C

$R_1$ : Efecto de la réplica del experimento;  $I = 1 \dots r$

$E_{ijk1}$ : Error experimental debido al resultado de la muestra.

En la Tabla 4 se detallan los factores con sus niveles.

**Tabla 4.** Factores y niveles del diseño experimental

Factores	Niveles
<b>A: Porcentaje de grasa</b>	a <sub>0</sub> :2% a <sub>1</sub> :3%
<b>B: Porcentaje de inóculo</b>	b <sub>0</sub> :2% b <sub>1</sub> :3%
<b>C: Porcentaje de sábila</b>	c <sub>0</sub> :5% c <sub>1</sub> :10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

En la Tabla 5 se presentan las formulaciones resultantes de las combinaciones de factores y niveles.

**Tabla 5.** Combinación de los factores del diseño experimental

Simbología	Porcentaje de grasa	Porcentaje de inóculo	Porcentaje de sábila
<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	2%	2%	5%
<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	3%	2%	5%
<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	2%	3%	5%
<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	3%	3%	5%
<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	2%	2%	10%
<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	3%	2%	10%
<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	2%	3%	10%
<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	3%	3%	10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1. Variable independiente: Formulaciones variando el porcentaje de grasa, inóculo y sábila

**Tabla 6.** Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Las diferentes formulaciones se elaborarán variando el porcentaje de grasa, inóculo y sábila. El objetivo es conseguir la combinación de ingredientes que mejores cualidades organolépticas presente. El proceso de elaboración se realizó de acuerdo a lo propuesto por Tamime et al. (1990), y será estándar para todas las formulaciones.	Formulaciones	<p>A: Porcentaje de grasa a<sub>0</sub>: 2% a<sub>1</sub>: 3%</p> <p>B: Porcentaje de inóculo b<sub>0</sub>: 2% b<sub>1</sub>: 3%.</p> <p>C: Porcentaje de sábila c<sub>0</sub>: 5% c<sub>1</sub>: 10%</p>	<p>¿Cómo influirá el porcentaje de grasa en los parámetros reológicos del yogurt de sábila?</p> <p>¿Cómo influirá el porcentaje de inóculo en los parámetros reológicos del yogurt de sábila?</p> <p>¿Cómo influirá el porcentaje de sábila en los parámetros reológicos del yogurt de sábila?</p>	<p>Diseño Experimental de Bloques Incompletos Equilibrados.</p> <p>El yogurt fue elaborado con el método propuesto por Tamime et al. (1990).</p>

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



**3.5.2. Variable Dependiente:** Parámetros reológicos del yogurt medidos con el viscosímetro Brookfield

**Tabla 7.** Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p>Los parámetros reológicos, índice de consistencia e índice de comportamiento al flujo, son utilizados para caracterizar el comportamiento de un fluido al desplazarse.</p> <p>Además se realizaron análisis fisicoquímicos, y sensoriales de todas las formulaciones; y análisis de composición proximal y de calidad microbiológica de la formulación declarada como mejor tratamiento.</p>	Análisis fisicoquímicos	Tiempo de fermentación °Brix pH Porcentaje de sinéresis	¿Las propiedades fisicoquímicas varían con las formulaciones?	Cronómetro Brixómetro pH-metro Método Staffolo et al. (2004)
	Análisis sensorial	Color Olor Sabor Apariencia Aceptabilidad	¿Las propiedades sensoriales varían con las formulaciones?	Hojas de cataciones
	Parámetros reológicos	Índice de comportamiento de flujo Índice de consistencia	¿Los parámetros reológicos varían con las formulaciones?	Viscosímetro rotacional Brookfield marca QUIMIS
	Composición proximal de la formulación	Cenizas Proteína Sólidos totales Grasa Carbohidratos totales	¿Qué composición proximal tiene el mejor tratamiento?	PE05-5.4-FQ. AOAC Ed 19, 2012 930.30 AOAC 991.2 Ed 19, 2012 PE06-5.4-FQ. AOAC Ed 19 927.05 AOAC 2000.18 Gerber. Ed 19,2012 Cálculo
	Calidad microbiológica	Mohos Levaduras	¿Qué calidad microbiológica presenta el mejor tratamiento?	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02. Ed 19, 2012 PE-02-5.4-MB AOAC 997.02 Ed 19, 2012

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## **3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

La técnica utilizada para la recolección de la información es la observación directa.

### **3.6.1.1 Ubicación geográfica de la localidad**

La investigación se realizó en la Universidad Técnica de Ambato, en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y en la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UOITA).

### **3.6.2 Procedimientos**

#### **3.6.2.1. Elaboración de pulpa de sábila (*Aloe vera*)**

##### **a. Recepción de la materia prima**

Se adquirieron hojas de sábila orgánicas libres de lastimaduras de la marca Vilcambamba.

##### **b. Lavado, secado y pesado**

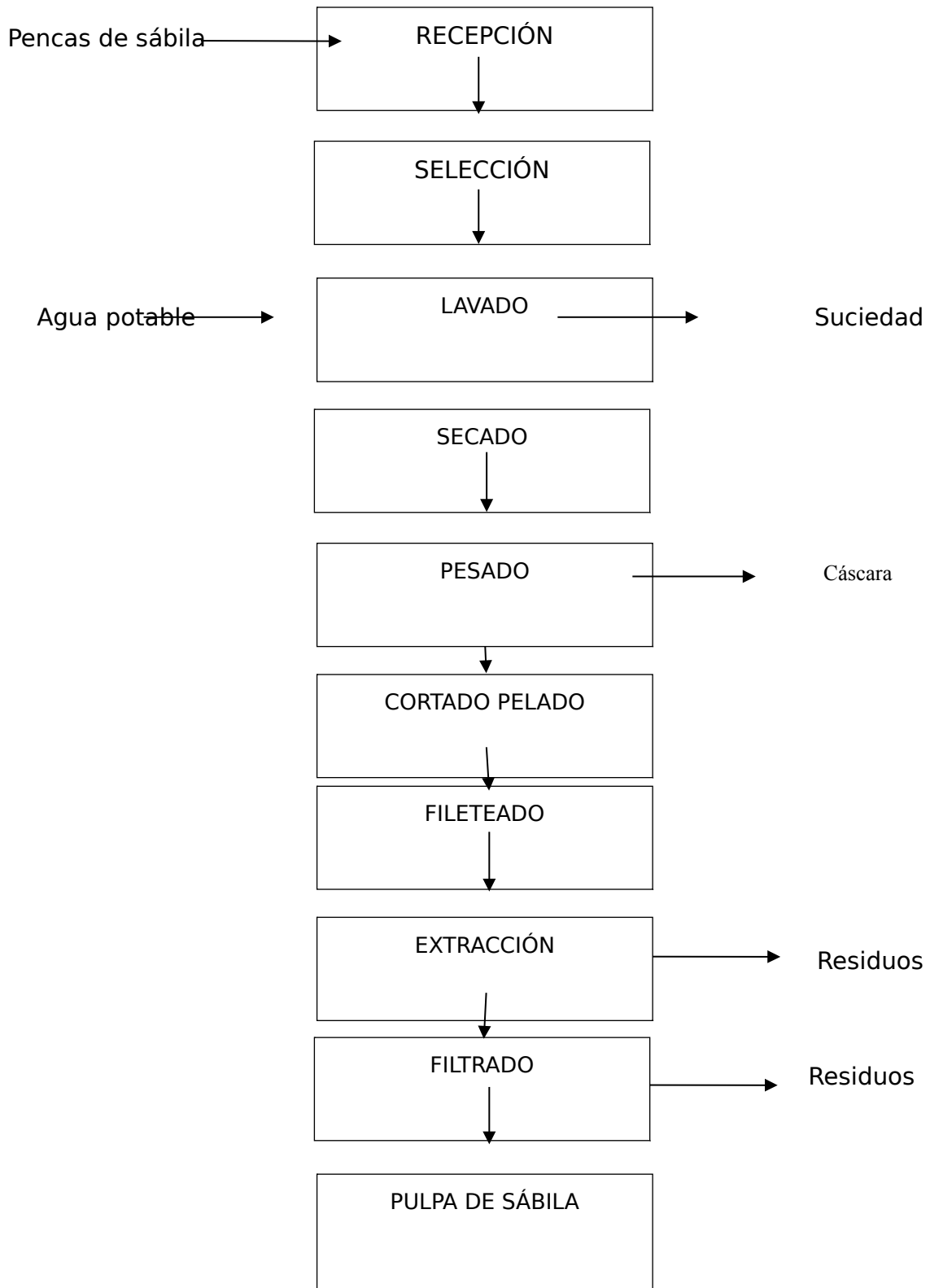
El lavado se lo realizó con agua potable y un cepillo para retirar toda la tierra y otros materiales extraños. Las pencas se secaron utilizando un lienzo limpio y seco. Se pesó en una balanza [Systel Clipse \(capacidad 15 kg\)](#) para tomar el peso de las diferentes pencas seleccionadas.

##### **c. Pelado y fileteado**

Se realizó en forma manual con cuchillos de acero inoxidable sobre una mesa de trabajo. El fileteado se lo realizó de forma longitudinal para obtener una mejor extracción de jugo.

##### **d. Extracción y filtrado**

Los filetes se pasaron a través de un extractor de jugo casero marca Oster y el extracto obtenido se pasó a través de un cedazo plástico.



**Figura 3.** Diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de sábila

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

### 3.6.2.2. Elaboración de yogurt

#### a. Recepción de materia prima

La leche se sometió a un análisis de sólidos totales, pH y acidez de acuerdo a la norma INEN 2395 (2009).

#### b. Filtración y estandarización

Utilizando un lienzo se eliminaron impurezas presentes en la leche. Se estandarizaron los sólidos no grasos hasta 18% mediante la adición de leche en polvo.

#### c. Pasteurización

Se pasteurizó por un lapso de 4 - 5 min a  $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , con la finalidad de destruir las bacterias patógenas y la flora que afecta a su conservación.

#### d. Enfriamiento

Se enfrió a  $42^{\circ}\text{C}$ , una temperatura adecuada para los mesófilos y termófilos.

#### e. Inoculación y fermentación

Se inocularon cepas de *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* de acuerdo a las cantidad establecida en el diseño experimental para cada formulación. Se deja fermentar a  $42^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$  hasta alcanzar un valor de pH  $4.2 \pm 0.1$  cuando se alcanza un valor de alrededor de 0,75 - 0,8 % de acidez titulable.

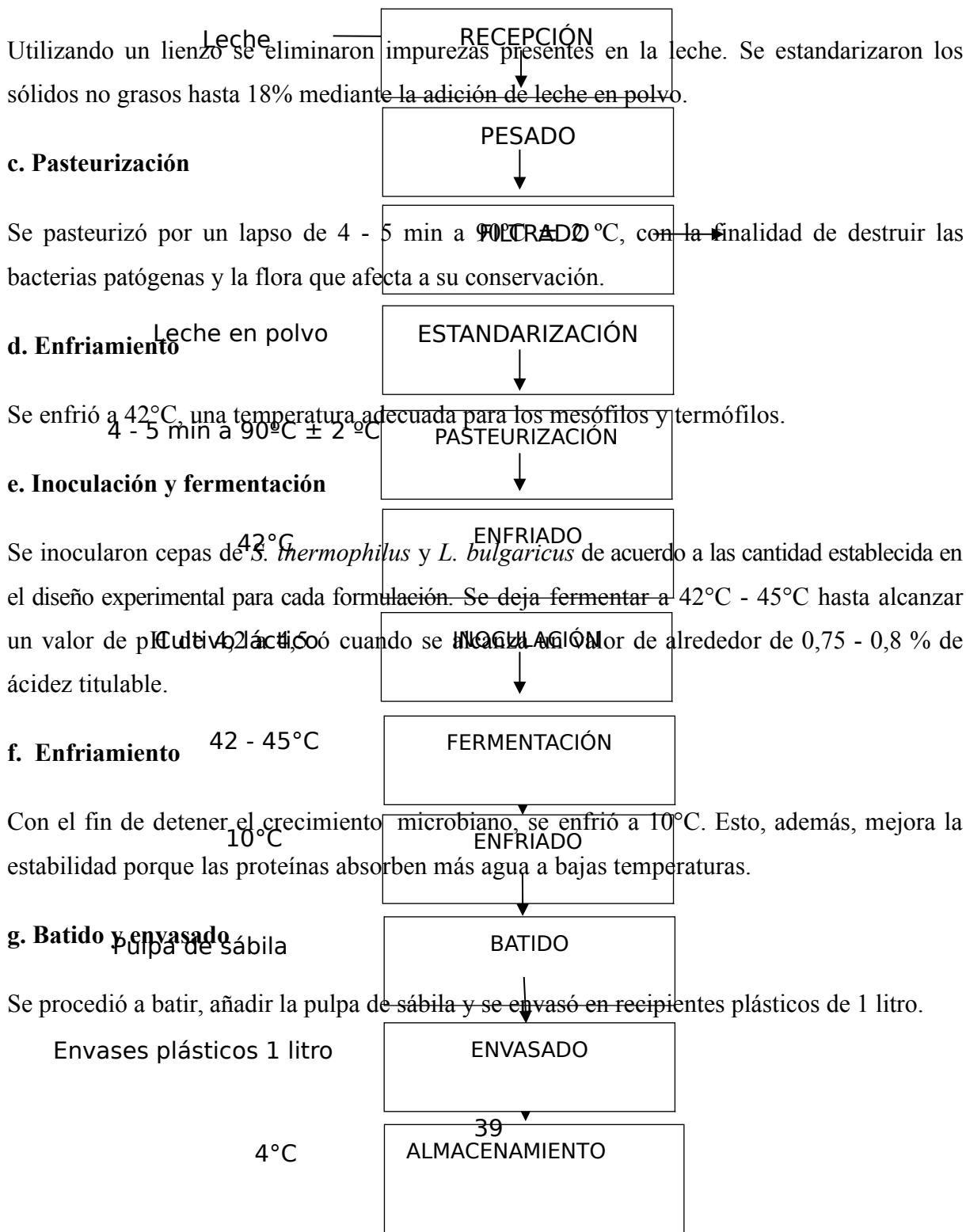
#### f. Enfriamiento

Con el fin de detener el crecimiento microbiano, se enfrió a  $10^{\circ}\text{C}$ . Esto, además, mejora la estabilidad porque las proteínas absorben más agua a bajas temperaturas.

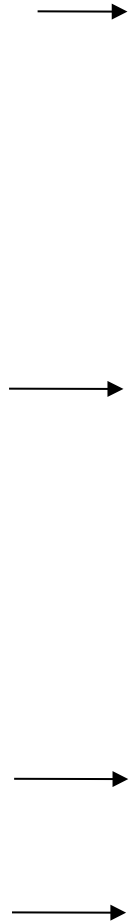
#### g. Batido y envasado

Se procedió a batir, añadir la pulpa de sábila y se envasó en recipientes plásticos de 1 litro.

Envases plásticos 1 litro



Impurezas



**Figura 4:** Diagrama de flujo para la elaboración de yogurt

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

### 3.6.3. Métodos de laboratorio

Se utilizó el método inductivo que es un método ideal para los conocimientos que permitirá detallar las respuestas encontradas a través de los diferentes análisis de los casos que se encuentren para poder sugerir las recomendaciones pertinentes.

### **3.6.3.1. Análisis a realizar a la leche cruda y en leche semidescremada**

#### **a. Determinación de la densidad**

Para esta prueba se utilizó el método descrito en la norma INEN 0011 (1984).

##### **a.1. Equipos**

Lactodensímetro, probeta de 250 cm<sup>3</sup>, termómetro y baño termostato.

##### **a.2. Procedimiento**

Manteniendo inclinada la probeta para evitar la formación de espuma, se vierte la muestra hasta llenarla. Se introduce la probeta en el baño termostato y se estabiliza la temperatura de leche con una variación máxima de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Se sumerge suavemente el lactodensímetro y se le imprime un ligero movimiento de rotación para impedir que se adhiera a las paredes de la probeta. Se espera que el lactodensímetro quede en completo reposo y, sin rozar las paredes de la probeta leer la medida de la graduación correspondiente al menisco superior.

##### **a.3. Cálculos**

La densidad relativa a ( $20^{\circ}\text{C}$ ) de la leche, se calcula mediante la Ecuación 4.

$$d_{20} = d + 0,0002(t - 20) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$d_{20}$  = densidad relativa a  $20^{\circ}\text{C}$ .

$d$  = densidad aparente a  $t^{\circ}\text{C}$ .

$t$  = temperatura de la muestra durante la determinación en  $^{\circ}\text{C}$ .

#### **b. Determinación de grasa**

Se apoyó en el método Gerber detallado en la norma INEN 0012 (1973).

### **b.1. Equipos y materiales**

Pipetas aforadas de 10 cm<sup>3</sup>, pipeta aforada de 1 cm<sup>3</sup>, butirómetros Gerber para leche y para leche semidescremada, centrifuga con velocidad de 1100±100 r/min y baño termostato regulado a 65±21 °C.

### **b.2. Reactivos**

Ácido sulfúrico (densidad 1,815±0,003g/cm<sup>3</sup> a 20 °C), alcohol amílico (exento de alcoholes amílicos secundarios o terciarios y furfural, densidad de 0,811±0,002g/cm<sup>3</sup> a 20 °C) y agua destilada.

### **b.3. Preparación de la muestra**

Se calienta la muestra a 20°C y se agita suave hasta homogenizar evitando la separación de grasa. Si se forman grumos de crema y éstos no se dispersan, calentar la muestra en un baño termostato hasta 35°- 40°C. Si quedan partículas blancas o grumos de grasa adheridas a las paredes del recipiente, la determinación no dará resultados exactos.

### **b.4. Procedimiento**

Para la determinación del contenido de grasa se utilizó un butirómetro Gerber para leche normal y descremada para cada caso. Se vertió 10 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico en el butirómetro respectivo, cuidando de no humedecer el cuello del butirómetro. Se añadió cuidadosamente 10,94 cm<sup>3</sup> de leche, y posteriormente 1 cm<sup>3</sup> de alcohol amílico cuidando de no humedecer con el alcohol el cuello del butirómetro. Se tapa herméticamente el cuello del butirómetro y se agita en una vitrina de protección, invirtiendo lentamente al butirómetro dos o tres veces durante la operación, hasta que no aparezcan partículas blancas. Inmediatamente después de la agitación, se centrifuga el butirómetro y se coloca con la tapa hacia abajo, en el baño de agua a 65°±2 °C durante un tiempo de 4 min a 10 min, manteniendo la columna de grasa completamente sumergida en el agua.

#### **b.4.1. Leche fresca**

Antes de proceder a la lectura se presiona o afloja adecuadamente la tapa del butirómetro, y se lee la parte inferior del menisco de grasa y el nivel de separación entre el ácido y la columna de grasa; la diferencia entre las dos lecturas da el contenido de grasa en la leche. Al realizar las lecturas debe mantenerse la escala en posición vertical y al nivel de los ojos.

#### **b.4.2. Instrucciones adicionales**

Si existe formación de una capa esponjosa o no definida en la base de la columna de grasa debe repetirse el ensayo teniendo cuidado de añadir el volumen correcto de alcohol amílico y de disolver completamente cualquier partícula blanca de leche.

### **c. Determinación de acidez**

Se apoyó en el método Gerber detallado en la norma INEN 0013 (1984). Si la acidez sobrepasa de 0,13 a 0,16% de ácido láctico significa que esta guardada.

#### **c.1. Equipos**

Balanza analítica sensible a 0,1 mg, estufa a  $103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , matraz Erlenmeyer de 100 cm<sup>3</sup>, matraz aforado de 500 cm<sup>3</sup>, bureta de 25 cm<sup>3</sup> con divisiones de 0,05 cm<sup>3</sup> o de 0,1 cm<sup>3</sup>, desecador con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado.

#### **c.2. Reactivos**

Solución 0,1 N de NaOH y solución indicadora de fenolftaleína (0,5 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico de 95-96% de pureza y agua destilada exenta de CO<sub>2</sub>).

#### **c.3. Preparación de la muestra**

Se lleva la muestra a una temperatura de 20°C y se mezcla mediante agitación suave hasta que éste homogénea, cuidando que no haya separación de grasa por efecto de la agitación. Si se forman grumos de crema se calienta la muestra en baño termostato hasta 35°- 40°C, mezclando cuidadosamente cualquier partícula de crema adherida al recipiente, y se enfria



rápida mente hasta 18-20°C. Si queda partículas blancas o grumos de grasa adheridos a las paredes del recipiente la determinación no dará resultados exactos.

#### **c.4. Procedimiento**

La determinación se realizó por duplicado sobre la muestra preparada. Se lava y seca el matraz Erlenmeyer en la estufa (103±2°C), se deja enfriar en el desecador y se pesa con aproximación al 0,1 mg. Invertir lentamente tres o cuatro veces la botella que contiene la muestra preparada y transferir al matraz Erlenmeyer, continuamente pesar 20 g de muestra (con aproximación a 0,1 mg). Se diluye el contenido del matraz con un volumen dos veces mayor de agua destilada y se agrega 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína. Se agrega lentamente y con agitación la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, justamente hasta conseguir un color rosado persistente. Se continúa agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 seg. Finalmente se lee en la bureta el volumen empleado.

#### **c.5. Cálculos**

La acidez titulable de la leche se calcula mediante la Ecuación 5.

**(Ec. 5)**

$$A = 0,090 \frac{V \times N}{m_1 - m} \times 100$$

Donde

$A = \hat{c}$  acidez titulable de la leche en porcentaje de ácido láctico

$V = \hat{c}$  volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación en cm<sup>3</sup>

$N = \hat{c}$  normalidad de la solución de hidróxido de sodio

$m =$  masa del matraz Erlenmeyer vacío en g

$m_1 = \hat{c}$  masa del matraz Erlenmeyer con leche en g

#### **3.6.3.2 Análisis a realizar en la sábila**

##### **a. Determinación de pH**

Se tomó como referencia la Norma INEN 0381 (1985).

### **a.1. Equipos y materiales**

Balanza analítica sensible al 0,1 mg, potenciómetro con electrodos de vidrio, agitador mecánico o electromagnético, mortero, matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup>, condensador de reflujo, matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup>, baño de agua y embudo para filtración.

### **a.2. Reactivos**

Solución 0,1 N de hidróxido de sodio y solución reguladora de pH (se recomienda pH = 9).

### **a.3. Preparación de muestras densas o difíciles de filtrar**

Mezclar y ablandar la muestra en un mortero, pesar 25 g de muestra (con aproximación a 0,01 g), transferir a un matraz Erlenmeyer añadir 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada caliente y mezclar convenientemente hasta obtener un líquido de aspecto uniforme. Acoplar el condensador de reflujo en el matraz Erlenmeyer y calentar en el baño de agua hirviente durante 30 min, enfriar y transferir el contenido a un matraz volumétrico de 250 cm<sup>3</sup> diluyendo con agua destilada previamente hervida y enfriada. Mezclar perfectamente y filtrar.

### **a.4. Procedimiento**

La determinación se realizó por duplicado sobre la misma muestra preparada. Se comprueba el funcionamiento correcto del potenciómetro utilizando la solución reguladora de pH conocido. Se lava el electrodo de vidrio varias veces con agua destilada hasta que la lectura del pH sea de aproximadamente 6. Se coloca en un matraz volumétrico de 25 a 100 cm<sup>3</sup> de la muestra preparada, según la acidez esperada, y sumergir los electrodos en la muestra.

Se añade rápidamente de 10 a 50 cm de la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, agitando hasta alcanzar pH 6, determinado con el potenciómetro. Se continúa añadiendo lentamente solución 0,1 N de hidróxido de sodio hasta obtener pH 7, luego se adiciona la solución 0,1 N de hidróxido de sodio en cuatro gotas por vez, registrando el volumen de la misma y el pH obtenido después de cada adición, hasta alcanzar pH 8,3 aproximadamente.

Por interpolación, se establece el volumen exacto de solución 0,1 N de hidróxido de sodio añadido, correspondiente al pH 8,1.

## **b. Determinación de extracto seco**

Para esta prueba se utilizó el método descrito en la norma INEN 0382 (1985).

### **b.1. Equipos**

Balanza analítica sensible al 0,1 mg, desecador con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado, estufa eléctrica a 70°C bajo presión de 20 a 25 mm Hg con corriente de aire seco (o gas inerte si existe peligro de oxidación) a velocidad de 40 l/h, cápsula metálica o de porcelana resistente a la corrosión (níquel o acero inoxidable), arena lavada con solución de ácido clorhídrico al 5% y agua destilada.

### **b.2. Procedimiento para productos densos, heterogéneos o difíciles de filtrar**

Secar la cápsula metálica con 10 g de arena y la varilla de vidrio en estufa a 70°C, posteriormente se enfría en el desecador y se procede a pesar la cápsula con aproximación a 0,1 mg. Se pesa 3 g de muestra preparada, se coloca en la cápsula que contiene la arena y se mezcla con la ayuda de la varilla de vidrio evitando la pérdida de producto o arena.

Si la mezcla se dificulta debido a la densidad de los materiales, puede añadirse una pequeña cantidad de agua destilada después de haber pesado la cápsula con la muestra. Se coloca la cápsula en la estufa a 70°C hasta que dos pesadas efectuadas con intervalo de una hora no difieran en más de 1 mg.

### **b.3. Cálculos**

El extracto seco en conservas vegetales se determina utilizando la Ecuación 6.

$$E = 100 \times \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \quad \text{(Ec. 6)}$$

Donde

E = extracto seco en porcentaje de masa

m = masa de la cápsula con el papel filtro o arena y varilla de vidrio en gramos

m<sub>1</sub> = masa de la cápsula y la muestra antes del secado en gramos

$m_2$  = masa de la cápsula y la muestra después del secado en gramos

### **c. Determinación de densidad relativa**

Para esta prueba se utilizó el método descrito en la norma INEN 0391 (1985).

#### **c.1. Equipos**

Picnómetro de 50 cm<sup>3</sup>, balanza analítica sensible a 0,1 mg, baño termostato a 20±0,5°C y termómetro.

#### **c.2. Preparación de la muestra**

Se agita suavemente la muestra a fin de homogenizarla.

#### **c.3. Procedimiento**

Se realiza la determinación por duplicado sobre la misma muestra preparada. Se pesa picnómetro completamente limpio y seco con aproximación a 0,1 mg. Se llena el picnómetro con agua destilada (recientemente hervida y enfriada hasta 15°C) hasta la marca respectiva evitando la formación de burbujas de aire y colocar la tapa. Se sumerge el picnómetro en el baño de agua a 20±0,5°C durante 30 min para atemperar el agua, se seca exteriormente por completo y se pesa con aproximación al 0,1 mg. El proceso completo se repite con la leche utilizando el mismo picnómetro, previamente sometido a limpieza y secado, y se registran los pesos.

#### **c.4. Cálculos**

La densidad relativa a 20°C se determina mediante la Ecuación 7.

$$d = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

d = densidad relativa a 20°C

$m_1$  = masa del picnómetro vacío en g

$m_2$  = masa del picnómetro con agua en g

$m_3$  = masa del picnómetro con la muestra en g

### 3.6.3.3 Análisis a realizar al yogurt de sábila

#### a. Determinación de sinéresis

##### a.1. Equipo

Centrifuga marca Andreas Herriech D72.

##### a.2. Método

Se trabajó con el método propuesto por Staffolo et al. (2004). Se centrifugó 5 ml de yogurt a 5000 rpm/min durante 20 minutos. La muestra obtenida reposó por un minuto y se midió el suero desprendido. La sinéresis se expresa como porcentaje de volumen de suero drenado por cada 100 ml de yogurt. Para el cálculo se utilizó la Ecuación 8.

$$(Ec.8) \quad Sinéresis = \frac{\text{Peso del sobrenadante}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### b. Determinación de los parámetros reológicos

El utilizó el método de Alvarado (2001). Se trabajó con un viscosímetro rotacional Brookfield (marca Quimis) acoplado con una termocupla. La muestra se vierte en un vaso de precipitación de 500 ml evitando la formación de burbujas de aire. Se utilizó un baño con hielo y sal en grano para mantener la muestra a 4°C. Se sumerge el rotor en la muestra hasta el límite fijado, se identifica en la pantalla del panel del equipo el rotor y las revoluciones de trabajo, y se mide presionando el botón *Medicao*. El dato es correcto cuando el %Full Scale se encuentra entre 30% - 70%. Los datos se ajustan a la Ecuación 9.

$$T = K(\dot{\gamma})^n \quad (Ec. 9)$$

Donde

$T$  = esfuerzo de deformación (Pa×s)

$\gamma$  = velocidad de corte o deformación

$K$  = índice de consistencia ( $\text{Pa} \times \text{s}^n$ )

$n$  = índice de comportamiento de flujo

### **c. Determinación del mejor tratamiento**

#### **d.1. Evaluación sensorial**

Se denomina análisis o evaluación sensorial al conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos perceptadas por uno o más de los sentidos humanos, el cual se fundamenta en la experiencia y trabajo de los jueces o catadores, quienes son personas que usan los sentidos de la vista, olfato y/o tacto, para identificar las características de los alimentos (Saltos, 2010). Los análisis sensoriales correspondieron a observaciones de las características de color, olor, sabor, apariencia y aceptabilidad, mediante un panel de 14 catadores a los cuales se les proporcionó cuatro muestras diferentes de los ocho tratamientos elaborados, aplicando un diseño de bloques incompletos equilibrados, con el fin de reconocer el mejor tratamiento en base a los atributos analizados para así comprobar si existió o no homogeneidad entre las ocho formulaciones del producto.

Con los valores registrados en las hojas de cataciones, medidos en una escala hedónica desde 1 disgusta hasta 5 gusta mucho, se efectuó la tabulación de datos. La ficha técnica del análisis sensorial se presenta en el Anexo D.

#### **3.6.3.4. Análisis a realizar al mejor tratamiento**

Al mejor tratamiento obtenido del análisis sensorial se le realizaron los siguientes análisis:

##### **a. Determinación de mohos y levaduras**

Se basó en el método propuesto por la norma INEN 1529-10 (1997).

##### **a.1. Material y medios de cultivo**

Placas Petri, pipetas serológicas de 1, 5 y 10  $\text{cm}^3$ , y medio de cultivo agar sal-levadura.

## a.2. Procedimiento

Se pipeteó alícuotas de 1 cm<sup>3</sup> de cada una de las diluciones, iniciando por la dilución de menor concentración. Inmediatamente, se vertió en cada una de las placas aproximadamente 20 cm<sup>3</sup> de agar sal-levadura fundido y templado a 45 ± 2°C.

Delicadamente, se mezcló el inóculo de siembra con el medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de vaivén, 5 veces en una dirección; hacerla girar cinco veces en sentido de las agujas del reloj. Se utilizó una placa para el control de la carga microbiana del ambiente, la cual no debe exceder de 15 colonias/placa, durante 15 minutos de exposición. Como prueba de esterilidad del medio, en una placa sin inóculo se vertió aproximadamente 20 cm<sup>3</sup> del agar y se dejó en reposo hasta que se solidifique el agar. Las placas se incubaron entre 22°C y 25°C, por cinco días.

## a.3. Cálculos

Cálculo del número (N) de unidades propagadoras (UP) de mohos y/o levaduras por centímetro cúbico ó gramo de muestra. Calcular según la Ecuación 10.

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas o calculadas}}{\text{cantidad total de muestra sembrada}}$$

$$N = \frac{\Sigma C}{V(n_1 + 0,1 n_2) d} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

$\Sigma C = \hat{i}$  suma de las colonias contadas o calculadas en todas las placas elegidas

$n_1 = \hat{i}$  número de placas contadas de la primera dilución seleccionada

$n_2 = \hat{i}$  número de placas contadas de la primera dilución seleccionada

$d = \hat{i}$  dilución de la cual se obtuvieron los primeros recuentos, por ejemplo 10<sup>-2</sup>

$V = \hat{i}$  volumen del inóculo sembrado en cada placa

## **b.- Cenizas según la norma INEN 0014**

Se basó en la norma INEN 0014 (1982).

### **b.1. Equipos**

Balanza analítica. Sensible al 0,1 mg. Cápsula de platino de otro material inalterable a las condiciones del ensayo, de fondo plano, con diámetro de 50 - 60 mm y altura de 20 – 25 mm. Baño María. Estufa, con ventilación y regulador de temperatura, ajustada a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}$  C. Desecador, con cloruro de calcio anhidro u otro deshidratante adecuado. Mufla, con regulador de temperatura, ajustada a  $530^{\circ} \pm 20^{\circ}$ C.

### **b.2. Preparación de la muestra**

Se lleva la muestra a  $20^{\circ}$ C y se mezcla mediante agitación suave hasta que esté homogénea, cuidando que no haya separación de grasa por efecto de la agitación. Si se forman grumos de crema y éstos no se dispersan, se calienta la muestra en baño termostato hasta  $35^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ C, mezclando cuidadosamente e incorporando cualquier partícula de crema adherida al recipiente; enfriarla rápidamente hasta  $18^{\circ}$  -  $20^{\circ}$ C. Si quedan partículas blancas o grumos de grasa adheridos a las paredes del recipiente, la determinación no será exacta.

### **b.3. Procedimiento**

La determinación se realizó por duplicado sobre la misma muestra preparada. Se lava cuidadosamente y se seca la cápsula en la estufa ajustada a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C durante 30 min. Se deja enfriar en el desecador y se pesa con aproximación al 0,1 mg. Se invierte lentamente, tres o cuatro veces, la botella que contiene la muestra preparada; inmediatamente, se transfiere a la cápsula y se pesa aproximadamente 5 g de muestra. Se coloca la cápsula en el baño termostato a ebullición durante 30 min, cuidando que su base quede en contacto directo con el vapor. Se introduce la cápsula en la mufla a  $530^{\circ} \pm 20^{\circ}$ C hasta obtener cenizas libres de partículas de carbón (esto se obtiene al cabo de 2 ó 3 h). Se deja enfriar la cápsula en el desecador y se pesa con aproximación al 0,1 mg. Se repite la incineración por periodos de 30 min, enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.

### **b.4. Cálculos**



$$C = \frac{m_3 - m}{m_2 - m} \times 100$$

Dónde

C = cantidad de cenizas del yogurt, en porcentaje de masa.

m = masa de la cápsula vacía en g.

m<sub>2</sub> = masa de la cápsula con el yogurt (antes de la desecación) en g.

m<sub>3</sub> = masa de la cápsula con las cenizas (después de la incineración) en g.

### **C.- Proteína según la norma INEN 0016 (1984)**

#### **c.1. Equipos y materiales**

Aparato Kjeldahl para digestión y destilación, matraz Kjeldahl de 50 cm<sup>3</sup>, matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup>, bureta de 50 cm<sup>3</sup>, balanza analítica sensible al 0,1 mg.

#### **c.2. Reactivos**

Ácido sulfúrico (densidad 1,84 g/cm<sup>3</sup> a 20°C), solución 0,1 N de ácido sulfúrico, solución concentrada de hidróxido de sodio (450 g de hidróxido de sodio en 1000 cm<sup>3</sup> agua destilada), solución de sulfuro alcalino o solución de tiosulfato de sodio (40 g de sulfuro de potasio o de sulfuro de sodio en 1000 cm<sup>3</sup> de agua destilada; o disolver 80 g de tiosulfato de sodio pentahidratado en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada), sulfato de potasio o sulfato de sodio anhidro, óxido mercúrico o mercurio metálico, solución alcohólica de rojo de metilo (1 g de rojo de metilo en 200 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95% V/V).

#### **c.3. Preparación de la muestra**

Se lleva la muestra a 20°C y se mezcla mediante agitación suave hasta que esté homogénea, cuidando que no haya separación de grasa por efecto de la agitación. Si se forman grumos de crema y éstos no se dispersan se calienta la muestra en baño termostato hasta 35° - 40°C, mezclando cuidadosamente e incorporando cualquier partícula de crema adherida al recipiente, y enfriar rápidamente hasta 18° - 20°C. Si quedan partículas blancas o grumos de grasa adheridos a las paredes del recipiente, la determinación no dará resultados exactos.

#### c.4. Procedimiento

Se realizó por duplicado. Se pesa 5 g de muestra en el matraz Kjeldahl y se agrega el catalizador (0,7 g de óxido mercúrico ó 0,65 g de mercurio metálico y 15 g de sulfato de potasio en polvo ó 15 g de sulfato de sodio anhidro). Se agrega 25 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico concentrado y un trozo pequeño de parafina para reducir la formación de espuma durante la digestión. Se agita el matraz y se coloca en forma inclinada en la hornilla del aparato de kjeldahl, se calienta suavemente hasta que no se observe formación de espuma, y se aumenta el calentamiento hasta que el contenido del matraz hierva uniformemente durante 30 minutos y dejar enfriar.

Se agrega aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> de agua destilada, se enfria la mezcla hasta una temperatura inferior a 25°C, y se agrega 25 cm<sup>3</sup> de la solución de sulfuro alcalino (o tiosulfato de sodio).

Se agrega unas pocas granallas de zinc para evitar proyecciones durante la ebullición. Se inclina el matraz y se vierte por sus paredes cuidadosamente 50 cm<sup>3</sup> de la solución de hidróxido de sodio (hasta alcanzar un alto grado de alcalinidad). Inmediatamente, se conecta el matraz Kjeldahl al condensador mediante la ampolla de destilación, el extremo de salida del condensador debe estar sumergido en 50 cm<sup>3</sup> de la solución 0,1 N de ácido sulfúrico contenida en el matraz Erlenmeyer al que se han agregado unas gotas de la solución alcohólica de rojo de metilo. Se destila hasta que todo el amoníaco pase a la solución ácida contenida en el matraz (lo que se logra al destilar por lo menos 150 cm<sup>3</sup>). Usando hidróxido de sodio 0,1 N se titula el exceso de ácido contenido en el matraz.

#### c.5. Cálculos

El contenido de proteínas en la leche se calcula mediante la Ecuación 12.

$$P = (1,40)(6,38) \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) - (V_3 N_1 - V_4 N_2)}{m} \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde

V<sub>1</sub> = volumen de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado de la muestra en cm<sup>3</sup>.

$N_1$  = normalidad de la solución de ácido sulfúrico.

$V_2$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación en  $\text{cm}^3$ .

$N_2$  = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

$V_3$  = volumen de ácido sulfúrico empleado para el destilado del ensayo en blanco en  $\text{cm}^3$ .

$V_4$  = volumen de hidróxido de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco en  $\text{cm}^3$ .

$m$  = masa de yogurt en g.

#### **3.6.4. Plan de Procesamiento de la Información**

Para el procesamiento de la información obtenida se utilizó el paquete informático de diseño experimental Statgraphics Centurion 4.0.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Análisis de la materia prima

###### a. Caracterización de la pulpa de sábila (*Aloe vera*)

Se caracterizaron las hojas de sábila receptadas en cuanto a su tamaño, ancho, largo y peso; los resultados se reportan en la Tabla A1. De forma general las hojas son consideradas de tamaño mediano a grande y su peso promedio fue de 43,55 g.

Las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de sábila se reportan en la Tabla A2. En cuanto al pH la pulpa de sábila pura presenta un valor de 4,7 similar al rango de 3,5 a 4,7 reportado por Council (2012). Los sólidos solubles de la pulpa de sábila pura son mínimos (1 °Brix), esto se debe a que los carbohidratos presentes en el *Aloe vera* son principalmente polisacáridos mucilaginosos (responsables de la actividad biológica) y se encuentran tan solo pequeñas trazas de monosacáridos como glucosa, manosa, ramnosa, xilosa, arabinosa, galactosa y ácidos urónicos (Gampel, 2002). La pulpa de sábila presenta una densidad de 1,0175 g/cm<sup>3</sup>, ligeramente superior al valor reportado por Marin (2005). El valor de densidad reportado está influenciado principalmente por el 99,84% de agua presente en su estructura.

###### b. Leche

En la Tabla A3 se reportan los análisis fisicoquímicos de la leche que se utilizó como materia prima. Todos los parámetros valorados se encontraron dentro de los rangos establecidos por la INEN 0009 (2012), para leche cruda y leche semidescremada respectivamente.

#### **4.1.2. Análisis de pH de yogurt de sábila**

Los tratamientos presentaron similares valores de pH sin diferencias significativas entre ellos al 95% de confianza (Tabla B1).

El pH descendió linealmente durante el proceso de fermentación (Gráfico B1) debido a la acción de las bacterias lácticas sobre los carbohidratos existentes en la bebida. La tendencia fue similar en todos los tratamientos, las ecuaciones y coeficientes de correlación se presentan en la Tabla B3. Este descenso es muy importante en la elaboración puesto que al disminuir los valores de pH durante la fermentación láctica son inhibidos los organismos indeseables como bacterias gram negativas y las formadoras de esporas (Frazier, 1978).

#### **4.1.3. Análisis de acidez durante el proceso de fermentación**

Los valores promedios de acidez expresada como porcentaje de ácido láctico, se reportan en la Tabla B4, presentando diferencias significativas entre tratamientos. La prueba de Tukey al 95% de confianza estableció que la variación de los diferentes niveles de cada factor influyen significativamente en la acidez del yogurt, de ellos el porcentaje de inóculo es el factor con mayor relevancia en esta variable (Tablas B6, B7 y B8).

La variación de acidez en la fermentación muestra una tendencia lineal ascendente similar en todos los tratamientos, demostrando que hubo la producción de ácido láctico en todos los tratamientos (Gráfica B3). Las ecuaciones que determinan la variación de la acidez frente al tiempo se reportan en la Tabla B9.

#### **4.1.4. Análisis de °Brix durante el proceso de fermentación**

Los valores promedios de °Brix se encuentra reportadas en las Tabla B10. Se reporta diferencias significativas (al 95% de confianza) entre tratamientos en los que se varía el porcentaje de grasa y sábila (Tablas B11, B12 y B13).

Los °Brix descendieron linealmente durante el proceso de fermentación (Gráfico B5) debido a la acción de las bacterias lácticas sobre los carbohidratos existentes en la bebida.

Las ecuaciones que determinan la variación de °Brix frente al tiempo se reportan en la Tabla B14.

#### **4.1.5. Análisis del porcentaje de sinéresis después de 10 días de almacenamiento**

Los valores promedios del porcentaje de sinéresis se encuentra reportados en la Tabla B15, donde se observa el mayor porcentaje de sinéresis presenta en el tratamiento compuesto por 2% de grasa, 2% de inóculo y 5% de sábila (71,9 %), seguido del tratamiento 3% de grasa, 3% de inóculo y 5% de sábila (69,0 %), pero sin diferencias significativas entre tratamientos (95% de confianza). Aparentemente, el alto porcentaje de sábila influye en la formación del coágulo repercutiendo en una alta separación de fases (Tabla B15).

#### **4.1.6. Análisis reológicos del yogurt de sábila**

##### **a. Viscosidad aparente**

Los valores promedios de viscosidad aparente  $[\eta F]$  expresados en  $mPa \times s$  se reportan en la Tabla B16. Se observó que el tratamiento elaborado con 3% de grasa, 2% de inóculo y 10% de sábila presenta un valor de viscosidad mayor (2018,40  $mPa.s$ ), sin diferencias significativas entre tratamientos al 95% de confianza. Según Tamime et al. (1990), la viscosidad del producto está relacionada con la concentración de proteínas que intervienen en la formación del coágulo.

En el Gráfico B8 se observa la tendencia similar entre los diferentes tratamientos en la relación viscosidad aparente frente a velocidad de deformación, mostrando una tendencia exponencial descendente. Las ecuaciones que determinan la variación de la viscosidad aparente frente a la velocidad de deformación se reportan en la Tabla B17. El efecto más claro es la disminución de la viscosidad aparente conforme aumenta la velocidad de deformación, este comportamiento es característico en los fluidos pseudoplásticos lo que se corroboró mediante la aplicación de la Ley de la Potencia (Tabla B19), en todos los casos se reportan porcentajes de correlación elevados.

El Gráfico B9, que es la representación del reograma, muestra claramente el comportamiento pseudoplástico del yogurt de sábila.

### **b. Índice de comportamiento de flujo (n)**

Los valores promedios de índice de comportamiento de flujo se observan en la Tabla B20, con valores menores a uno en todos los tratamientos. En el análisis de varianza para el índice de comportamiento de flujo (Tabla B21) se determina la existencia de diferencia estadística significativa a un intervalo del 95% de nivel de significancia con referencia al factor B (% inóculo).

### **c. Índice de consistencia (k)**

Los valores del índice de consistencia se reportan en la Tabla B20. En el análisis de varianza para el índice de consistencia se observa que no existe diferencia estadística significativa en ninguno de los factores estudiados a un intervalo del 95% (Tabla B21). Según Paredes (2002), el índice de consistencia para una bebida de avena tipo yogurt es de  $3693 \text{ mPa} \times \text{s}^n$ , considerando que la avena sin germinar es rica en hidratos de carbono, especialmente almidón, que al combinar con leche contribuye a la viscosidad y consistencia de la bebida tipo yogurt.

#### **4.1.7. Evaluación sensorial**

Los catadores fueron seleccionados mediante pruebas de sensibilidad a la identificación de sabores básicos. Los resultados promedios de dichas determinaciones se reportan en la Tabla B25.

##### **a. Color**

En Tabla B25 (Anexo B), se reportan los resultados de la evaluación sensorial del atributo color. El análisis de varianza (Tabla B26), muestra ausencia de diferencia significativa ( $\alpha = 0,05$ ) entre los tratamientos. Con respecto a los catadores se obtiene diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ ), y esto se debe al semi-entrenamiento que poseen los evaluadores, para mejorar ésta condición se sugiere entrenarlos.

### **b. Olor**

En Tabla B25 se reportan los resultados del atributo olor. El análisis de varianza de color (Tabla B28), demuestra que no existe diferencia significativa ( $\alpha = 0,05$ ) entre tratamientos y catadores.

### **c. Sabor**

En Tabla B25 se reportan los resultados del atributo sabor. El análisis de varianza (Tabla B29) muestra diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ ) entre los tratamientos. Realizado el análisis de Tukey con un nivel de confianza del 95% (Tabla B30), se obtiene que los tratamientos elaborados con 2% de grasa, 2% de inóculo, 10% de sábila y 3% de grasa, 2% de inóculo, 10% de sábila son los menos valorados presentando diferencias significativas con el resto. Evidentemente el alto porcentaje de sábila influye en la percepción del sabor

### **d. Apariencia**

En la Tabla B25 se reportan los resultados del atributo apariencia. El análisis de varianza (Tabla B31) muestra diferencias significativas en los tratamientos. Realizado el análisis de Tukey con un nivel de confianza del 95% (Tabla B32), se obtiene que el tratamiento elaborado con 2% de grasa, 2% de inóculo, 10% de sábila es calificado con mejor apariencia, y presenta diferencia significativa con el tratamiento calificado con menor valor que fue elaborado con 3% de grasa, 3% de inóculo, 5% de sábila. Aparentemente el alto porcentaje de sábila influye en la apariencia del yogurt desarrollado.

### **e. Aceptabilidad**

En Tabla B25 se reportan los resultados de la evaluación sensorial del atributo aceptabilidad. El análisis de varianza (Tabla B33) muestra diferencia significativa ( $\alpha < 0,01$ ) entre los tratamientos. Realizado el análisis de Tukey con un nivel de confianza del 95% (Tabla B34), se obtiene que el tratamiento elaborado con 2% de grasa, 2% de inóculo, 10% de sábila es



calificado como más aceptable, y presenta diferencia significativa con el tratamiento calificado como menos aceptabilidad que fue elaborado con 3% de grasa, 3% de inóculo, 5% de sábila.

#### **4.1.8. Análisis del mejor tratamiento**

De acuerdo a los resultados mostrados en el análisis sensorial se declara como mejor tratamiento al yogurt elaborado con 3%: grasa; 3%: inóculo y 5% sábila.

#### **4.1.9. Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico se llevó a cabo con el objetivo de inspeccionar la carga microbiana existente y confirmar que cumpla con las normas vigentes para poder ser distribuido. Se encontró UFC/g<10 de mohos, UFC/g=2.1x10<sup>2</sup> de levaduras, valores que se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma INEN 2395 (2009). Los resultados de estas pruebas microbiológicas se encuentran en la Tabla B35.

#### **4.1.10. Análisis proximal**

En la Tabla B35 se reportó los análisis realizados al mejor tratamiento (3% de grasa, 3% inóculo y 5% de sábila). El yogurt desarrollado presenta 0,670% de cenizas y 2,79 %; de proteína; el alto porcentaje de proteína es aportado por la leche y el enriquecimiento con la pulpa de sábila. Contiene 4,61% de carbohidratos y presenta 0,270% de grasa, este valor resultó menor al de la leche con la que fue elaborado, esto se debe a que se dio una disolución de la materia prima con la cantidad de gel de sábila adicionado al yogurt durante su proceso de elaboración. De acuerdo a la Norma INEN 2395 (2009), el yogurt debe tener mínimo 2,5% de materia grasa. En total los sólidos contenidos son de 8,34%.

### **4.2. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

En este trabajo se acepta la hipótesis alternativa ya que los parámetros reológicos del yogurt variaron significativamente con las diferentes formulaciones propuestas con diferentes porcentajes de grasa, inóculo y sábila.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- El yogurt de sábila desarrollado presenta un comportamiento no newtoniano del tipo pseudoplástico y se ajusta a la ecuación de Ostwald o Ley de Potencia con altos índices de correlación.
- Todos los parámetros medidos en el proceso de fermentación registraron cambios, el pH mostró una tendencia lineal descendente, la acidez expresada en ácido láctico mostró una tendencia ascendente lineal y los grados Brix mostraron una tendencia lineal descendente. En forma general el porcentaje de pulpa de sábila influyó en los parámetros evaluados.
- De acuerdo al análisis sensorial el mejor tratamiento en cuanto a sabor y aceptabilidad es el elaborado con 3% de grasa; 3% inóculo y 5% de sábila. Este tratamiento presenta alta calidad microbiana de acuerdo al análisis microbiano realizado.
- El mejor tratamiento (3% de grasa; 3% inóculo y 5% de sábila) contiene 0,67% de cenizas; 2,79 % de proteína; 8,84% de sólidos totales y un 4,61% de carbohidratos totales.

#### **5.2. RECOMENDACIONES**

- En la industria láctea antes de emplear la pulpa de sábila obtenida de la manera que anteriormente mencionada, primero se debería realizar pruebas microbiológicas, toxicidad para comprobar la aplicación de la pulpa de sábila es beneficioso o perjudicial para la salud del ser humano.

- Evaluar la producción de un alimento fermentado utilizando sábila combinada con otra variedad suculenta como el nopal, o a su vez sábila con frutas, provenientes de la zona y que no hayan sido sometidos a procesos industriales de alimentos.
- Tomando en cuenta como factor importante el porcentaje de sábila se recomienda menorar el porcentaje de sábila para así obtener un producto innovador en el mercado.

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1. DATOS INFORMATIVOS

Título: Proponer un modelo matemático para predecir el comportamiento reológico del yogurt de sábila (*Aloe vera*) obtenido como mejor tratamiento.

Institución ejecutora: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Beneficiarios: Sector de la industria láctea.

Ubicación: Ambato – Ecuador

Tiempo de ejecución: 5 meses.

Inicio: Abril del 2015

Final: Agosto del 2015

Equipo técnico: Egdo. Wilmer A. Cadena M.

Costo: \$ 5020

#### 6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Los parámetros reológicos de los alimentos fluidos o semisólidos son importantes para muchas actividades industriales como el control de calidad, evaluación de la aceptación por el consumidor o textura, diseño y control de procesos, caracterización de estructura de alimentos y composición.

En la industria alimentaria la sábila se ha utilizado en productos como helados, yogurt, confitería y jugo de sábila que se consume como alimento funcional (Dominguez, 2009). Por las investigaciones científicas donde se demuestra que posee propiedades beneficiosas para la salud, puede ser considerado como materia prima en la elaboración de alimentos funcionales (Vega, 2005).

El *Aloe vera* se mueve internacionalmente en una dirección nueva, llamando la atención e interés de los científicos de todo el mundo. Las aplicaciones se van definiendo con más claridad a medida que los investigadores identifican nuevos componetes activos y desarrollan productos innovadores (Gage, 1998).

### **6.3. JUSTIFICACIÓN**

Los parámetros reológicos de los alimentos fluidos, como es el yogurt, han contribuido enormemente en la industria, en el sentido de que se ha podido optimizar recursos y mejorar los procesos industriales, principalmente aquellos en los que se ven involucradas la transferencia de calor.

A través de la propuesta se quiere aportar con un modelo matemático que describa el comportamiento reológico del yogurt de sábila desarrollado, y que a su vez pueda ser utilizado en la industria de alimentos para la construcción de gráficos de control, diseño y construcción de equipos industriales (como intercambiadores de calor, para la selección de bombas que permitan transportarlo de un lugar a otro, además de servir como herramienta de control de calidad.

### **6.4. OBJETIVOS**

#### **6.4.1. Objetivo general**

- Proponer un modelo matemático para predecir el comportamiento reológico del yogurt de sábila (*Aloe vera*) obtenido como mejor tratamiento.

#### 6.4.2. Objetivos específicos

- Establecer el modelo matemático del yogurt de sábila (*Aloe vera*).
- Comprobar que el modelo matemático de yogurt de sábila (*Aloe vera*) desarrollado se ajusta a datos experimentales.
- Validar el modelo matemático del yogurt de sábila (*Aloe vera*) desarrollado.

#### 6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta se considera factible debido a que solo se trata de una obtención de datos experimentales reales y su ajuste a un modelo matemático que contribuya a predecir el comportamiento del yogurt de sábila durante el proceso, envasado y transporte en las empresas de Lácteos.

La puesta en marcha de la presente propuesta resulta muy factible ya que el costo de la materia prima no es muy elevado. Además, los ensayos que en un futuro se realicen se podrán realizar en la UOITA, quienes apoyan a la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías a los estudiantes que se encuentran realizando sus trabajos para la obtención del título de tercer nivel.

**Tabla 8.** Recursos económicos de la propuesta

<b>Recursos</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Humanos</b>	
Egresado	1800
Tutor	1200
<b>Materiales</b>	
Materia prima	200
Material de Laboratorio	1000
Varios	400
<b>Otros</b>	
Imprevistos (10%)	420
<b>Total</b>	<b>5020</b>

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## **6.6. FUNDAMENTACIÓN**

El *Aloe vera* es un compuesto que puede ser utilizado para cambiar la consistencia de yogurt, ya que provoca un debilitamiento del gel y un comportamiento más elástico con mayor sensibilidad a los cambios de temperatura, hace que los productos por su consistencia se asemejen más a yogurt, lo cual es de interés para la elaboración de nuevos productos.

Rao (1986), indicó que un elevado número de los fluidos alimenticios no-newtonianos presentan un comportamiento pseudoplástico. Entre ellos: jugos concentrados de frutas, chocolate fundido, mostaza, crema de leche, huevo entero descongelado, clara de huevo, soluciones de goma a concentraciones altas y concentrados proteicos. En este grupo están incluidos los purés y las pulpas de frutas y vegetales. Steffe (1992), afirma que para varios productos elaborados con diferentes frutas, reportó los datos del índice de consistencia y del índice de comportamiento al flujo, que los caracterizan como fluidos pseudoplásticos.

## **6.7. METODOLOGÍA**

Para proponer el modelo matemático que se ajuste a los datos experimentales, primero se determinará las propiedades reológicas del yogurt de sábila siguiendo la metodología adecuada, mediante el uso de viscosímetro rotacional Brookfield, marca Quimis.

De acuerdo al estudio realizado anteriormente, podemos mencionar que los datos experimentales obtenidos del yogurt de sábila, elaborado a diferentes porcentajes de grasa, inóculo y sábila, demuestran un comportamiento pseudoplástico ajustándose adecuadamente al modelo de Ostwald o Ley de potencia.

**Tabla 9.** Modelo operativo (Plan de acción)

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Tiempo</b>
1. Formular la propuesta	Plantear el modelo matemático que ajusten a los datos experimentales que relacionen con investigaciones anteriores.	Revisión bibliográfica	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 3000	60 días
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Pruebas Preliminares sobre modelos matemáticos. Tabulación de datos	Investigador	Humano Técnicos Económico	\$ 300	30 días
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación de modelos matemáticos en el yogurt de sábila.	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 520	30 días
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación.	Aplicación en el cálculo de modelos matemáticos en el área de Ingeniería.	Investigador	Humano Técnico Económico	\$ 280	30 días

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



## 6.8. ADMINISTRACIÓN

La ejecución de la propuesta estará coordinada por el Egdo. Wilmer A. Cadena M.

**Tabla 10.** Administración de la Propuesta

<b>Indicadores a mejorar</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>
<p>Plantear el modelo matemático que ajusten a los datos experimentales que relacionen con investigaciones anteriores.</p>	<p>Poca información teórica – experimental, de modelos dentro de la industria</p> <p>Dificultad en la fijación de modelos matemáticos para sus respectivos cálculos.</p>	<p>Mejoramiento en el cálculo de modelos matemáticos dentro de la industria que son útiles para diferenciar, conocer y ejecutar que tipo de fluido correlaciona a la investigación.</p> <p>Establecer los modelos matemáticos adecuados.</p>	<p>Plantear el modelo matemático que relacionen con los datos experimentales mediante el uso de ecuaciones de regresión múltiple.</p> <p>Comprobar los modelos obtenidos con modelos de bibliografía.</p>	<p>Investigador: Wilmer Cadena E Ing. Liliana Acurio Arcos</p>

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## 6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

**Tabla 11.** Previsión de la evaluación

<b>Preguntas Básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Quiénes solicitan evaluar?	Sector del Desarrollo tecnológico
¿Por qué evaluar?	Verificar la calidad de los alimentos fluidos, especialmente productos lácteos.
¿Para qué evaluar?	Para determinar modelos matemáticos en fluidos newtonianos y no newtonianos, y mejorar la aceptabilidad en el mercado.
¿Qué evaluar?	Esfuerzo de deformación ( $T$ ), velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ), índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) e índice de consistencia ( $k$ ).  Producto terminado
¿Quién evalúa?	- Tutor - Graduando - Calificadores
¿Cuándo evaluar?	Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención del modelo final.
¿Cómo evaluar?	- Mediante instrumentos de evaluación (Ecuaciones)
¿Con qué evaluar?	Normas, paquete informático Microsoft Excel, Ecuaciones Degustación por consumidores

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



## CAPÍTULO VII MATERIALES DE REFERENCIA

### 7. BIBLIOGRAFÍA

Alais Ch., 1985. *Ciencia de la leche*. Quito-Ecuador: Reverte S.A.

Alvarado J, 1996. *Principios de Ingenieria Aplicados a Alimentos*. Quito: Radio Comunicaciones.

Alvarado J, 2001. *Viscosidad Metodos para medir Propiedades fisicas en Industrias de Alimentos*. Zaragoza: Acribia Zaragoza.

Alvarez M, 1978. *Estudio de la vialidad tecnica y financiera del cultivo de sabila (Aloe vera)*. Mexico: s.n.

Berrocal, D., 2002. Evaluacion de la actividad de cultivos probioticos sobre *Listeria monocytogenes* durante la produccion y almacenamiento de yogurt. *Revista cielo*, 4(52), pp. 375,376.

Beth K., 2014. *Alimentacion sana*. [En línea] Availableat:<http://www.alimentacion sana.com.ar> [Último acceso: 30 Abril 2014].

Brock D, 1970. *Biology of microorganisms*. primera ed. New Jersey: Prentice Hall.

Carranza E, N. J. J., 2000. "Estrategias metodologicas para el aprendizaje por reestructuracion o cambio conceptual". En: *Docencia en educacion media*. Quito: Obra inedita, pp. 225,293.

Cochram W., 1973. *Diseño Experimental*. 2da.Edicion ed. Mexico: Trillas.

Council, 2012. *International Aloe Science Council*. [En línea] Available at: <http://www.iasc.org/> [Último acceso: Martes Abril 2014].

Dominguez I., 2009. *El gel de Aloe vera*. [En línea] vailableat:[http://rmiq.org/new %20page/Pdf](http://rmiq.org/new%20page/Pdf). [Último acceso: 30 Marzo 2015].

Elias C., 2013. Wikipedia. *Lactocomerce*.

Eroski C, 2012. *Alimentacion sana.com.ar*. [En línea] Availableat:[www.herbogeminis.com](http://www.herbogeminis.com) [Último acceso: 28 Abril 2014].

Escobar y Garzon, 1989. *Adicion de leche de soya en la elaboracion de yogurt*. Ambato(Tungurahua): s.n.

Estrada A, 2005. *Efecto de los Probioticos Lactobacillus acidophilus y bifidobacterium bifidum en las Caracteristicas Fisico quimicas y Sensoriales del yogurt de fresa en zamorano*. Honduras: s.n.

Felley C., 2001. Favourable effect of acidified milk(LC-1) on Helicobacter gastritis in man. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, Volumen 1, pp. 25-29.

Frazier W.C, 1978. *Food Microbiology by MaGraw- Hill Book Co*. New York: s.n.

Gage D., 1998. La sábila(Aloe vera): suavizante y curativo natural. *Inner Traditions LasserPress*.

Gampel R, 2002. Propiedades Farmacologicas del aloe vera. *International aloe science*, p. 104.

Gampel R, 2003. Porcentaje de solidos que contiene el aloe vera. *International aloe science*, pp. 45-47.

Guevara J.,Morales R., 2005. *Evaluacion de la utilizacion de Probioticos en la fase de levante del ciclo de produccion de mojarra roja 68 (Oreochromis sp.)*. Lima-Peru: s.n.

Gutierrez, 2004. *Tecnologia de lacteos* [Entrevista] (23 April 2004).

Hernandez J, 2003. El consumo de yogurt crece. *Diario Hoy*, p. 12.

Huang T, 2008. *Utility of Squeeze Flow in the Food Industry*. Zaragoza-España: Acribia.

Ibarrola E, 2008. Introduccion a los fluidos no newtonianos. *Mecanica de fluidos*, pp. 22,25.

INEN 0009, 2012. *Leche cruda.Requisitos*. [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 15 Mayo 2014].

INEN 001, 1984. *Leche.Determinacion de la densidad relativa*. [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 28 Abril 2014].

INEN 0012, 1973. *Leche:determinacion de grasa*. [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 01 Mayo 2014].

INEN 0013, 1984. *Leche:Determinacion de acidez*. [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 05 Mayo 2014].

INEN 0014, 1982. *Leche:Determinacion de solidos totales y cenizas*. [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 12 Mayo 2014].

- INEN 0016, 1984. *Leche:Determinacion de proteinas.* [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 09 Mayo 2014].
- INEN 0020, 1973. *Leche:Determonacion de bacterias activas.* [En línea] Available at: <htt://www.inen.gov.ec> [Último acceso: 03 Mayo 2014].
- INEN 0381, 1985. *Conservas Vegetales:Determinacion de pH.* [En línea] Available at: <htt://www.inen.gob.ec>[Último acceso: 15 Mayo 2014].
- INEN 0382, 1985. *Conservas Vegetales:Determinacion de extracto seco(solidos totales).* [En línea]Availableat:<htt://www.inen.gov.ec>[Último acceso: 08 Mayo 2014].
- INEN 0391, 1985. *Conservas Vegetales,Jugos de frutas:Determinacion de la densidad relativa.* [En línea] Availableat:<hht://www.inen.gov.ec>[Último acceso: 07 Mayo 2014].
- INEN 0702, 2010. *Leche fluida con ingredientes.Requisitos.* [En línea] Availableat:<htt://www.inen.gob.ec> [Último acceso: 17 Julio 2014].
- INEN 1529-10, 1997. *Control Microbiologico de los Alimentos,Mohos y Levaduras viables,recuento en placa por siembra,en profundidad.* [En línea] Availableat:<http://www.inen.gov.ec>[Último acceso: 04 Mayo 2014].
- INEN 2395, 2009. *Leches fermentadas.Requisitos.* [En línea] Availableat:<htt://www.inen.gob.ec> [Último acceso: 29 Abril 2014].
- INEN, 2010. *Porcentaje de produccion de leche por regiones.* [En línea] Availableat:<http://www.inen.gob.ec>[Último acceso: 213 Abril 2014].
- Llerena y Poaquiza, 2005. *Elaboracion de un yogurt en base a una mezcla de leche y leche de grabanzo seco(Cicer arietinum).* Ambato(Tungurahua): s.n.
- Manzano M., 2008. *Empleo de parámetros reológicos para el control de calidad de yogurt.* Ambato(Tungurahua): s.n.
- Marcela Andrea Leal Corvalán , 2007. [En línea] Availableat:<cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fvl435c/doc/fvl435c.pdf> [Último acceso: 29 Abril 2014].
- Marin L., L. O., 2005. *El procesamiento de la sabila para la obtencion del gel.* Portoviejo: s.n.
- Monografia Cientifica, 2011. [En línea] Availableat:<www.lacteosinsustituibles.es>[Último acceso: 29 Abril 2014].
- Moreno N, 2014. *La cresta del yogurt griego llegó a Iran.* [En línea] Availableat:<http://www.revistaalimentos.com> [Último acceso: 07 Abril 2014].

- Muller H, 1977. *Introducción a la reología de los alimentos*. Primera ed. Zaragoza-España: Acribia.
- Ortiz y Gutierrez, 1998. *Uso de Parámetros Reológicos como índices de control durante la leche acidófila*. Ambato(Tungurahua): s.n.
- Paredes M, 2002. *Obtención de una bebida tipo yogurt utilizando avena(Avena sativa),mas leche entera de vaca con empleo de dos cepas liofilizadas de microorganismos*. Ambato(Tungurahua): s.n.
- Patricio C., 2012. *Elaboración Y Conservación De Leche Y Yogurt De Soya Utilizando Métodos Combinados En La Planta De Lácteos De La Universidad Estatal De Bolívar*”, Guaranda: s.n.
- Peñalosa J, 1978. *Optimización de Parámetros en la Fermentación láctica utilizando Streptococcus thermophilus y Lactobacillus*. Ambato(Tungurahua): s.n.
- Pilatasig J., 2008. *Diseño y construcción de un equipo para la determinación de parámetros reológicos en yogurt*. Ambato(Tungurahua): s.n.
- Rao M.A., 1986. *Rheological properties of fluid foods*.In *Engineering properties of Foods*. New York: Marcel Dekker.
- Retamar, J, 1995. Dos especies del género Aloe: Aloe arborescens Mill y Barbadosensis Mill. *Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36* , p. 2.
- Rodríguez D.y Ruiz F., 1998. *Producto Dietético Tipo Yogurt a partir de clara de huevo, Leche de Vaca y Soya (Glycine max)*. Ambato(Tungurahua): s.n.
- Rodríguez y Ruiz, 1998. Efecto de los microorganismos en la salud. *Lideres*, Volumen 1, p. 15.
- Salto A., 2010. *Sensometría*. Ambato: Pedagógica Freire, Riobamba.
- SciELO, 2010. *Composición química del yogurt*. [En línea] Availableat:<http://www.scielo.org>[Último acceso: 14 marzo 2014].
- Shirota, 1930. Aislamiento de un Lactobacilo, resistente a la acidez gástrica en condiciones de transporte y conservación. En: s.l.:s.n., p. 45.
- Siagro, 2006. Tungurahua quinto en producción lechera. *La Hora*, Lunes 22 Mayo, p. 03.
- Sica, 2005. *Producción de lechera en el sector sierra*, Ambato: s.n.
- Singh y Helman, 1997. Introducción a la Ingeniería en Alimentos. En: Segunda Edición ed. Zaragoza, España: Acribia, pp. 47-102.
- Sisa H, 2000. *Estudio in vitro sobre aloe vera*. Barcelona: Acribia.

- Slatter P, 2000. Industrializacion de sabila. *Venaloe*, pp. 34-36.
- Sotelo J, 2007. Innovacion de productos. *Lideres*, pp. 4,5.
- Spoerke, 2000. *Caracterizacion fisica quimica de la hoja de sabila*. [En línea] Available at: [http://catarina.udla.mx/udla/tales/documentos/lbi/martinez.Capitulo\\_1.pdf](http://catarina.udla.mx/udla/tales/documentos/lbi/martinez.Capitulo_1.pdf)
- Steffe J., 1992. *Rheological Methods in Food Process Engineerring.*. 2da ed. USA: Editorial Freeman Press.
- Tamine A y R., 1991. *Yogurt Ciencia y Tecnologia*. Saragosa-España: Acribia S.A.
- Toledo R., 1991. *Fundamentals of Food Process Engineering*. 2nd ed. USA: Klerwer.
- Tripaldi P;y col.Velin T;Chialvo L;Rojas C., 2007. Propuesta de una practica de reologia de alimentos. *Memorias Alimentos Ciencia E Ingenieria,VI Congreso Iberoamericano de Ingenieria en Alimentos*, pp. pags.347-349.
- Vega A, 2005. *El Aloe vera como componente de alimentos funcionales*. [En línea] Availableat:<http://www.scielo.cl/scielo.php>[Último acceso: 21 Febrero 2015].
- Walstra P. y Jennes R., 1987. *Quimica y Fisica lactològica*. Acribia, Zaragoza: s.n.
- Yaron A, 1991. Characterization of Aloe vera gel before and after autodegradation,and stabilization of the natural fresh gel. *Phytotherapy Research*, p. 513.
- Ysique R, 2010. *Elaboracion y comercializacion del Yogurt de Sabila en la Planta Industrial USS*, Lima: s.n.
- Zenith J, 2010. [www.revista alimentos.com.co](http://www.revistaalimentos.com.co). [En línea] Availableat:<http://www.revistaalimentos.com.co>[Último acceso: 05 abril 2014].
- Zuritz CA,y Col.Muñoz P;Mathey H;Perez H;Gascon A; Rubio L, 2005. *Density, Viscosity and coefficients of thermal expansion of clear grape juice at different solid concentrations and temperatures*. Venezuela, s.n.





# ANEXOS

## **ANEXO A**

### **RESULTADOS DE ANÁLISIS PARA LA MATERIA PRIMA**

**Tabla A1.** Caracterización de las hojas de sábila

<b>Tamaño</b>	<b>Dimensiones</b>		<b>Peso (g)</b>
	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	
Grande	6,6	56,5	56,5
Grande	6,5	53,7	53,7
Grande	6,5	46,7	46,7
Grande	6,0	46,3	46,3
Grande	6,0	46,0	46,0
Mediano	5,5	44,7	44,7
Mediano	5,5	39,6	39,6
Mediano	5,5	38,7	38,7
Mediano	5,0	35,6	35,6
Pequeño	5,0	27,7	27,7
<b>Promedio (g)</b>			<b>43,55</b>

**Fuente:**

Laboratorio

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla A2:** Propiedades fisicoquímicas en la pulpa de sábila pura

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
pH	4,7
°Brix	1
Extracto seco (%)	0,16
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,0175

**Fuente:** Laboratorio de análisis de los alimentos FCIAL

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla A3.** Caracterización fisicoquímica de la leche

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Leche cruda</b>	<b>Leche semidescremada</b>
Temperatura	° C	26,0	26,0
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1031,0	1030,0
Acidez	%	0,15	0,16
pH	-----	6,5	6,3
Mastitis	-----	Negativo	Negativo
Grasa	%	3,1	2,5
Cenizas	%	0,6	0,7

**Fuente:** Laboratorio de análisis de los alimentos FCIAL

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## **ANEXO B**

### **RESULTADOS EXPERIMENTALES**

## ANÁLISIS DE pH

**Tabla B1.** Valores de pH de los diferentes tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio*</b>
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	5,7 ± 0,70
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	5,9 ± 0,41
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	5,4 ± 0,59
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	6,0 ± 0,45
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	5,5 ± 0,67
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	5,9 ± 0,56
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	5,7 ± 1,60
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	5,9 ± 0,54
<b>Testigo 1</b>	4,8 ± 0,78
<b>Testigo 2</b>	4,6 ± 0,82

\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

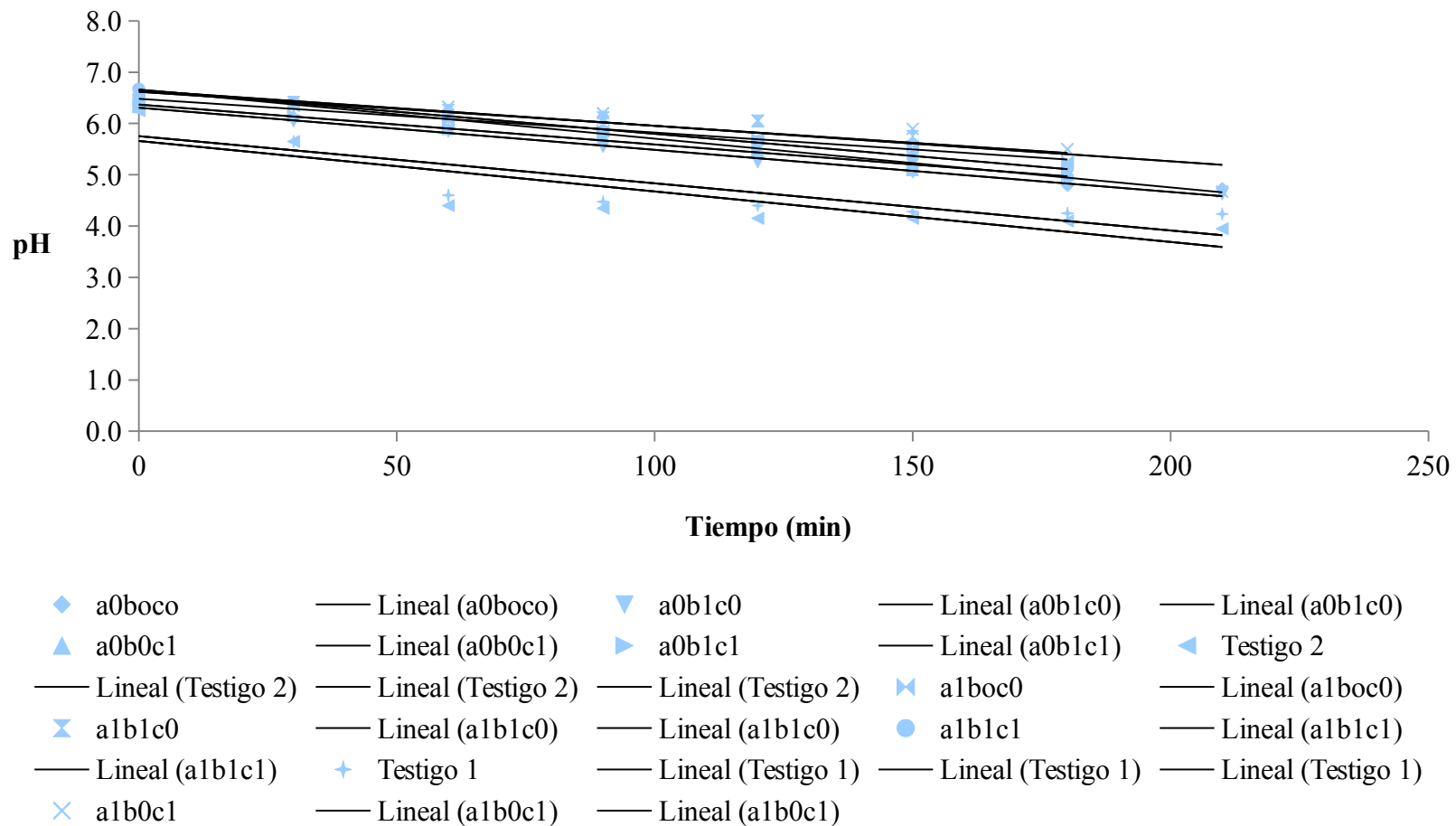
**Tabla B2.** Análisis de varianza de la determinación de pH

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>COVARIABLES</b>					
Réplica	0,0049	1	0,0049	1,60	0,2460
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:% Grasa	0,4624	1	0,4624	151,25	0,1000
B:% Inoculo	0,0072	1	0,0072	2,36	0,1681
C:% Sábila	0,0004	1	0,0004	0,13	0,7282
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0020	1	0,0020	0,66	0,4425
AC	0,0169	1	0,0169	5,53	0,0510
BC	0,0272	1	0,0272	8,91	0,0200*
ABC	0,0870	1	0,0870	28,47	0,0010*
RESIDUOS	0,0214	7	0,0031		
TOTAL (CORREGIDO)	0,6295	15			

\*\*Existe Diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ )

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015





**Gráfico B1.** Promedio pH vs. Tiempo (min) durante el proceso de fermentación  
 Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B3.** Ecuaciones y coeficiente de correlación que describen el comportamiento del pH durante la fermentación

Tratamientos	pH	
	Ecuación	Coefficiente de correlación
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	pH = -0,0095 (Tiempo) + 6,6538	0,9304
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	pH= -0,0066 (Tiempo) + 6,48	0,989
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	pH = -0,0082 (Tiempo) + 6,3063	0,9959
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	pH = -0,0067 (Tiempo) + 6,6189	0,8454
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	pH = -0,0078 (Tiempo) + 6,367	0,9868
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	pH = -0,0067 (Tiempo) + 6,6189	0,8454
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	pH = -0,0078 (Tiempo) + 6,367	0,9868
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	pH = -0,0086 (Tiempo) + 6,6602	0,9987
<b>Testigo 1</b>	pH = -0,0092 (Tiempo) + 5,7525	0,7147
<b>Testigo 2</b>	pH = -0,0098 (Tiempo) + 5,6583	0,7322

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## ANÁLISIS DE ACIDEZ

**Tabla B4.** Acidez de los diferentes tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio*</b>
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	0,45± 0,16
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	0,42± 0,16
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	0,48± 0,15
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	0,57± 0,10
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	0,47± 0,10
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	0,50± 0,11
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	0,50± 0,12
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	0,56± 0,10
<b>Testigo 1</b>	0,45±0,01
<b>Testigo 2</b>	0,46± 0,18

\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B5.** Análisis de Varianza para % de grasa, % de inóculo y % de sábila, en relación a la acidez durante el tiempo de fermentación

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>COVARIABLES</b>					
Réplica	0,0000	1	0,0000	1,00	0,3506
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:% Grasa	0,0049	1	0,0049	196,00	0,0000*
B:% Inoculo	0,0196	1	0,0196	784,00	0,0000*
C:% Sábila	0,0036	1	0,0036	144,00	0,0000*
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0056	1	0,0056	225,00	0,0000*
AC	0,0002	1	0,0002	9,00	0,0199*
BC	0,0012	1	0,0012	49,00	0,0002*
ABC	0,0016	1	0,0016	64,00	0,0001*
RESIDUOS	0,0002	7	0,0000		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0370	15			

\*Existe diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ )

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B6.** Prueba de comparación de Tukey para porcentaje de grasa

% Grasa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>0</sub>	8	0,47625	0,00176777	B
a <sub>1</sub>	8	0,51125	0,00176777	A

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B7.** Prueba de comparación de Tukey para porcentaje de inóculo

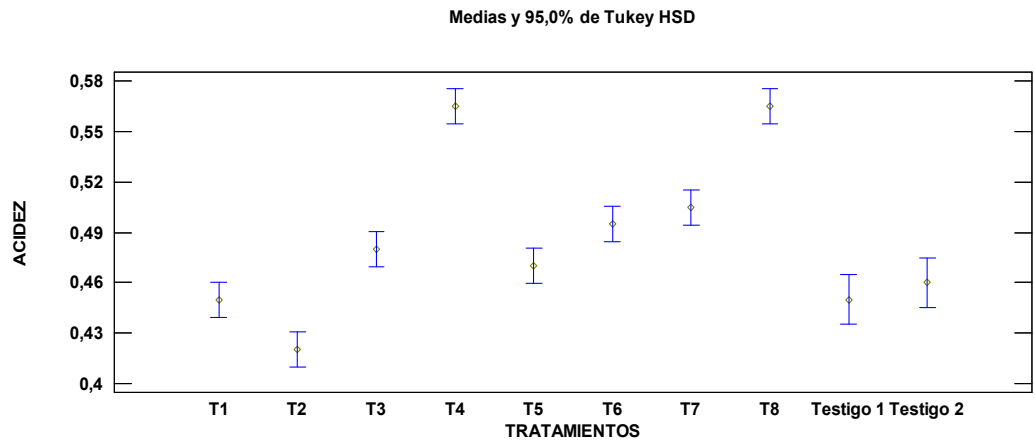
% Inoculo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b <sub>0</sub>	8	0,45875	0,00176777	B
b <sub>1</sub>	8	0,52875	0,00176777	A

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

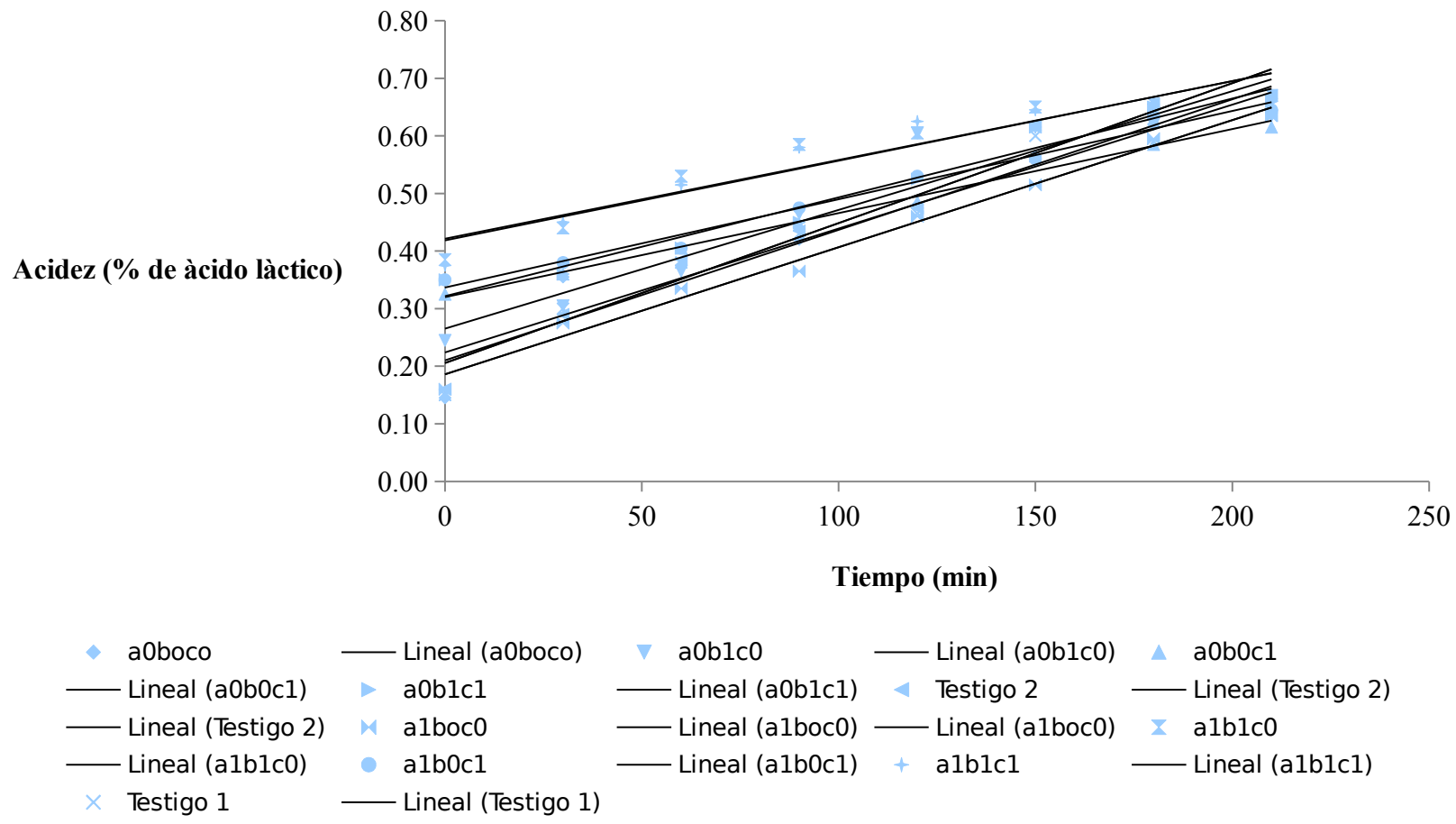
**Tabla B8.** Prueba de comparación de Tukey para porcentaje de sábila

% Sábila	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c <sub>0</sub>	8	0,47875	0,00176777	B
c <sub>1</sub>	8	0,50875	0,00176777	A

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B2.** Comparación entre tratamientos en relación a acidez



Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%  
**Gráfico B3.** Promedio acidez vs. Tiempo (min) durante el proceso de fermentación

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B9.** Ecuaciones y coeficiente de correlación que describen el comportamiento de la acidez frente al tiempo de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Acidez	
	Ecuación	Coefficiente de correlación
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	Acidez = 0,0022 (Tiempo) + 0,2242	0,9316
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	Acidez = 0,0022(Tiempo) + 0,1858	0,9877
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	Acidez = 0,0021(Tiempo) + 0,2654	0,9089
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	Acidez = 0,0014(Tiempo) + 0,4213	0,913
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	Acidez = 0,0015(Tiempo) + 0,32	0,9876
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	Acidez = 0,0015(Tiempo) + 0,3367	0,9827
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	Acidez = 0,0017(Tiempo) + 0,3217	0,9636
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	Acidez = 0,0014(Tiempo) + 0,4183	0,9047
<b>Testigo 1</b>	Acidez = 0,0023(Tiempo) + 0,21	0,9467
<b>Testigo 2</b>	Acidez = 0,0024(Tiempo) + 0,2054	0,9645

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## ANÁLISIS DE °BRIX

**Tabla B10.** Valores de °Brix de los diferentes tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio*</b>
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	1,5± 0,56
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	3,2± 1,04
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	1,5± 0,50
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	3,0± 1,13
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	2,1± 0,61
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	3,3± 1,23
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	2,4± 0,80
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	3,3± 1,17
<b>Testigo 1</b>	3,4± 1,23
<b>Testigo 2</b>	1,6± 0,57

\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



**Tabla B11.** Análisis de Varianza para % de grasa, % de inóculo y % de sábila, en relación a °Brix durante el tiempo de fermentación

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
COVARIABLES					
Replica	0,01	1	0,01	0,27	0,6198
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:% Grasa	7,5625	1	7,5625	203,61	0,0000**
B:% Inoculo	0,0025	1	0,0025	0,07	0,8028
C:% Sábila	0,7225	1	0,7225	19,45	0,0031**
INTERACCIONES					
AB	0,04	1	0,04	1,08	0,3339
AC	0,25	1	0,25	6,73	0,0357*
BC	0,04	1	0,04	1,08	0,3339
ABC	0,0025	1	0,0025	0,07	0,8028
RESIDUOS	0,26	7	0,0371429		
TOTAL (CORREGIDO)	8,89	15			

\*\*Existe Diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ )

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B12.** Prueba de comparación de Tukey para el % de grasa

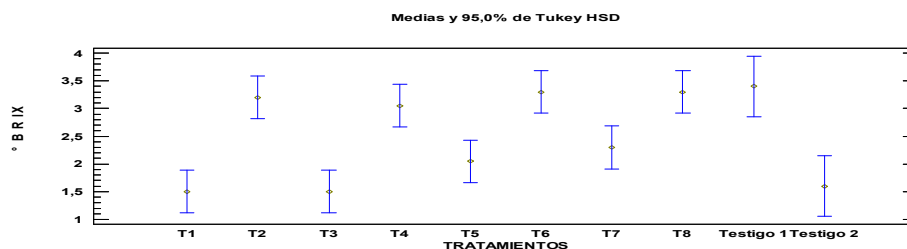
% Grasa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>0</sub>	8	1,8375	0,0681385	B
a <sub>1</sub>	8	3,2125	0,0681385	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

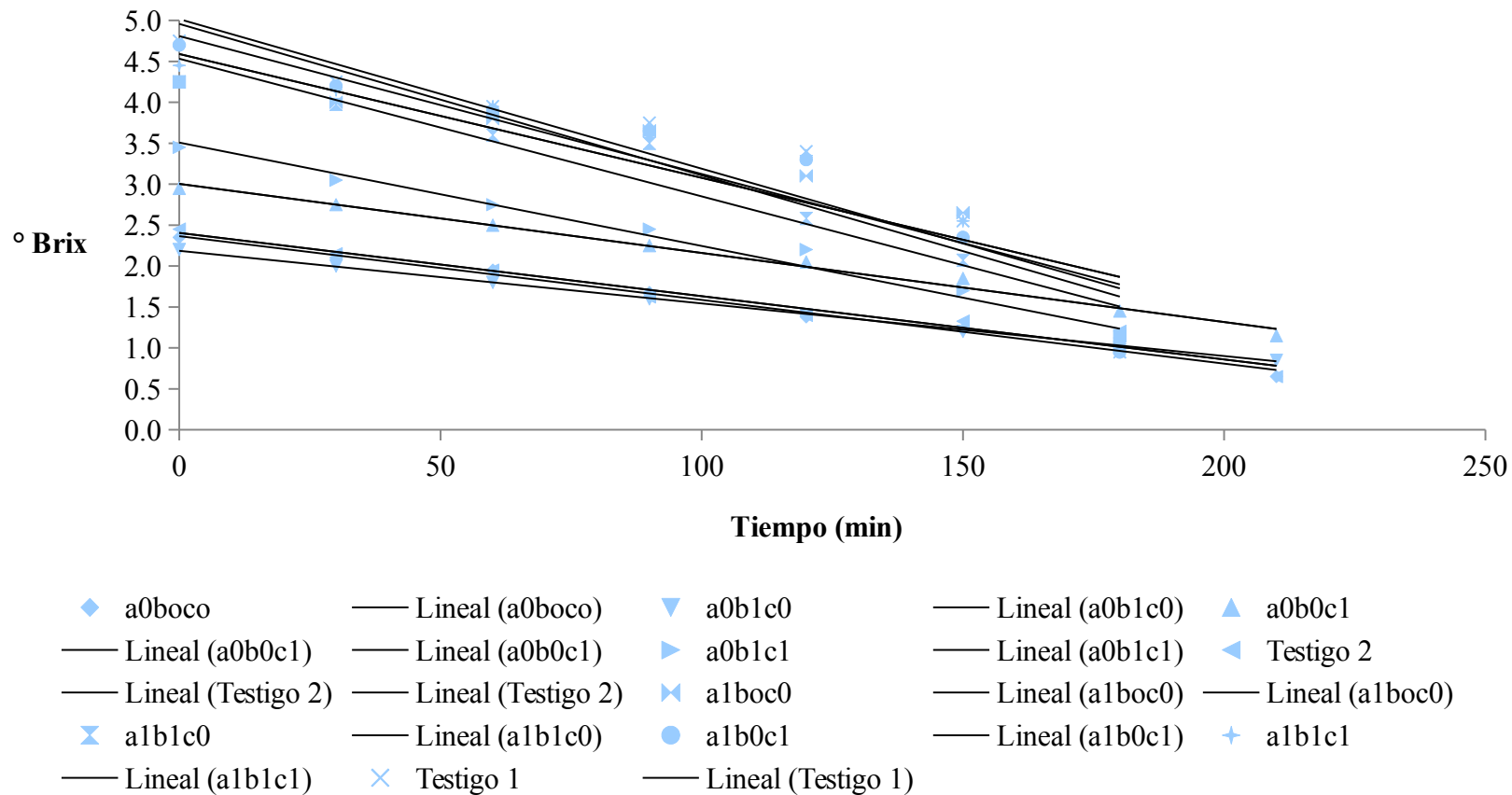
**Tabla B13.** Prueba de comparación de Tukey para el % de sábila

% Sábila	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
c <sub>0</sub>	8	2,3125	0,0681385	B
c <sub>1</sub>	8	2,7375	0,0681385	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B4.** Comparación entre tratamientos en relación a ° brix



**Gráfico B5.** Promedio °Brix vs. Tiempo (min) durante el proceso de fermentación

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B14.** Ecuaciones y coeficiente de correlación que describen el comportamiento de ° brix frente al tiempo de los diferentes tratamientos

Tratamientos	° Brix	
	Ecuación	Coefficiente de correlación
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	° Brix = -0,0078 (Tiempo) + 2,365	0,9908
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	° Brix = -0,0151(Tiempo) + 4,5893	0,8453
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	° Brix = -0,0064(Tiempo) + 2,1875	0,999
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	° Brix = -0,0168(Tiempo) + 4,5318	0,9401
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	° Brix = -0,0084(Tiempo) + 3,0042	0,9901
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	° Brix = -0,0185(Tiempo) + 4,9589	0,8924
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	° Brix = -0,0126(Tiempo) + 3,5071	0,9706
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	° Brix = -0,0168(Tiempo) + 4,8089	0,8501
<b>Testigo 1</b>	° Brix = -0,0183(Tiempo) + 5,0161	0,8685
<b>Testigo 2</b>	° Brix = -0,0077(Tiempo) + 2,4042	0,9681

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

## ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE SINÉRESIS DESPUES DE 10 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

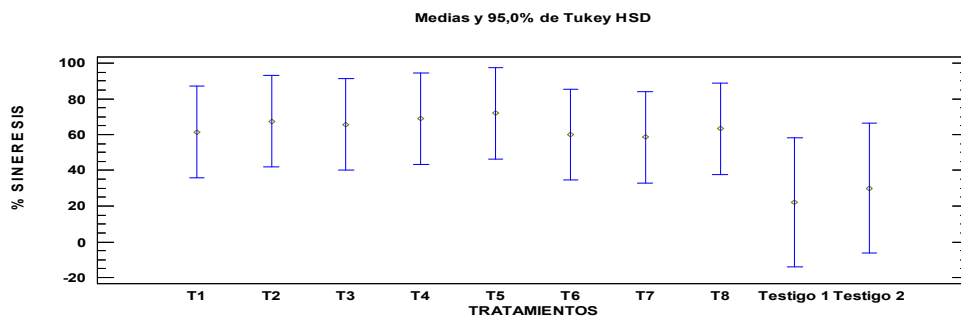
**Tabla B15.** Valores de % Sinéresis de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Promedio*
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	61,4± 11,28
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	67,4± 8,56
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	65,7± 1,74
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	69,0± 2,96
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	71,9± 2,18
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	60,0± 14,41
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	58,6± 25,26
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	63,3± 11,41
<b>Testigo 1</b>	22,1± 0,92
<b>Testigo 2</b>	30,1± 3,61

\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B6.** Comparación entre tratamientos en relación a porcentaje sinéresis después de 10 días de almacenamiento

## RESPUESTAS EXPERIMENTALES PARA PROPIEDADES REOLÓGICAS

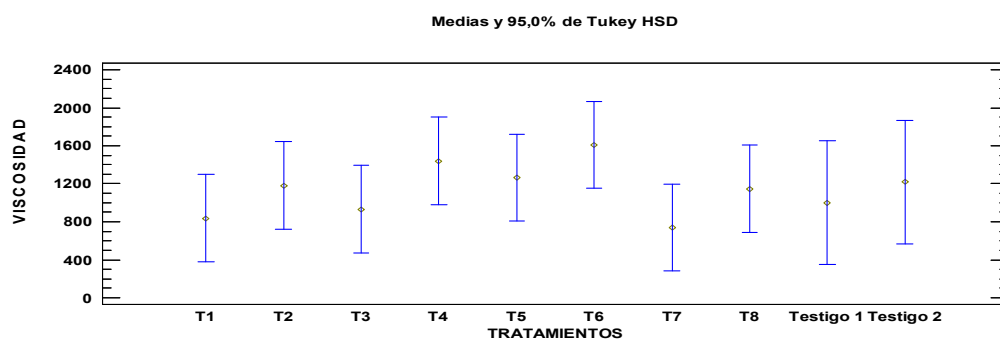
**Tabla B16.** Valores de viscosidad aparente  $[\eta F]$  (mPa $\times$ s) de yogurt de sábila

Tratamientos	Promedio*
T1:a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	835,20 $\pm$ 337,38
T2:a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	1371,74 $\pm$ 820,99
T3:a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	933,11 $\pm$ 464,77
T4:a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	1699,85 $\pm$ 703,68
T5:a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	1429,02 $\pm$ 982,37
T6:a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	2018,40 $\pm$ 1075,40
T7:a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	670,59 $\pm$ 266,54
T8:a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	1314,30 $\pm$ 690,17
Testigo 1	1164,46 $\pm$ 649,23
Testigo 2	1432,32 $\pm$ 967,48

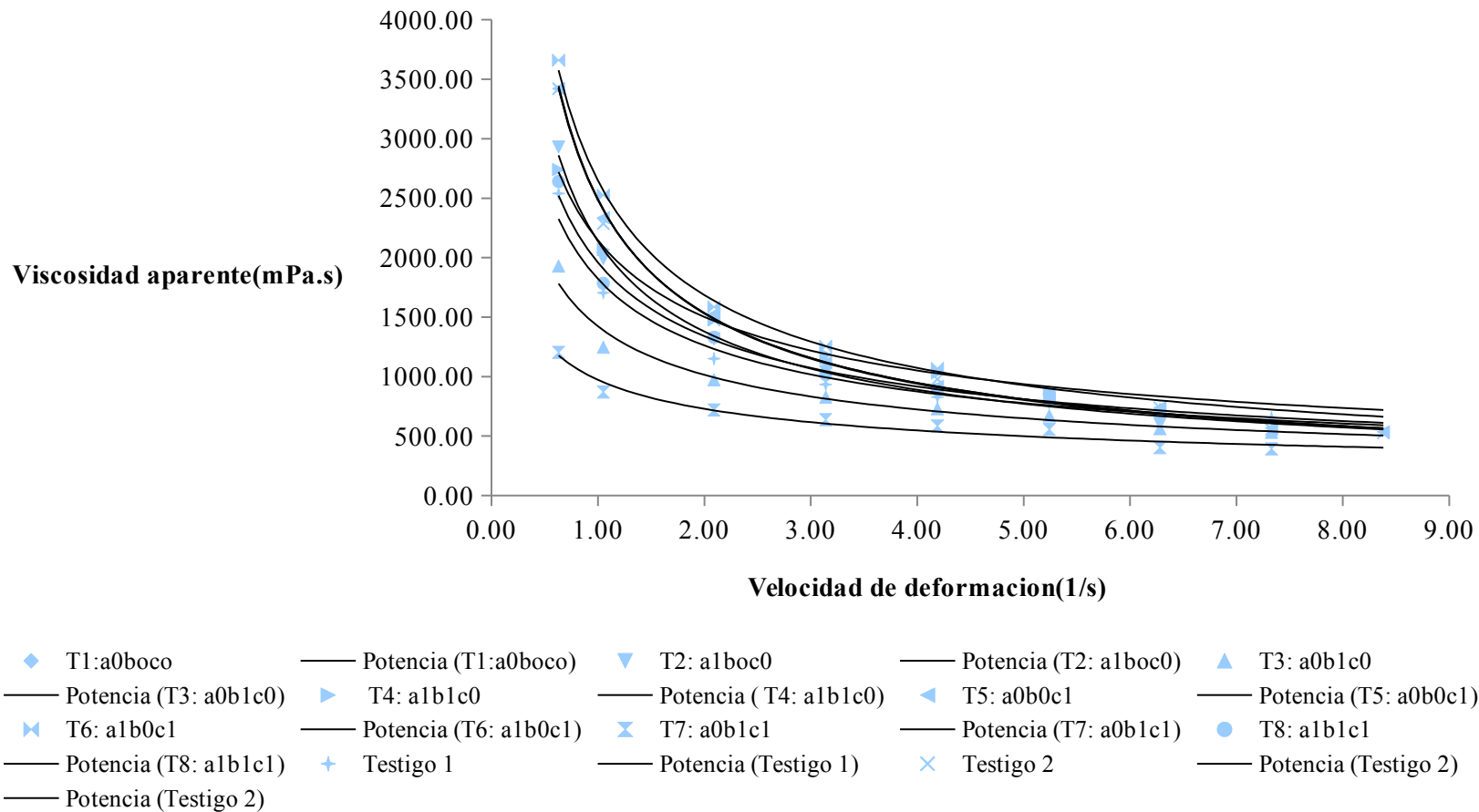
\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B7.** Comparación entre tratamientos en relación a viscosidad aparente



**Gráfico B8.** Relación entre la velocidad de deformación y viscosidad aparente (mPa.s)

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B17.** Ecuaciones y coeficiente de correlación que describen la viscosidad aparente frente a la velocidad de deformación de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Viscosidad	
	Ecuación	Coefficiente de correlación
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	$\eta_F = 1184,4(\dot{\gamma})^{-0,389}$	0,9664
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	$\eta_F = 2136,3(\dot{\gamma})^{-0,632}$	0,9861
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	$\eta_F = 1422,4(\dot{\gamma})^{-0,487}$	0,9818
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	$\eta_F = 2145x^{-0,514}$	0,9995
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	$\eta_F = 2489(\dot{\gamma})^{-0,703}$	0,9943
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	$\eta_F = 2646,5(\dot{\gamma})^{-0,651}$	0,9976
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	$\eta_F = 972,18(\dot{\gamma})^{-0,415}$	0,9433
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	$\eta_F = 1957,9(\dot{\gamma})^{-0,548}$	0,9887
<b>Testigo 1</b>	$\eta_F = 1820,7(\dot{\gamma})^{-0,529}$	0,9847
<b>Testigo 2</b>	$\eta_F = 2483,4(\dot{\gamma})^{-0,696}$	0,9885

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B18.** Valores de esfuerzo de deformación [T] (Pa), determinados en el viscosímetro Quimis en los tratamientos resultantes del yogurt de sábila.

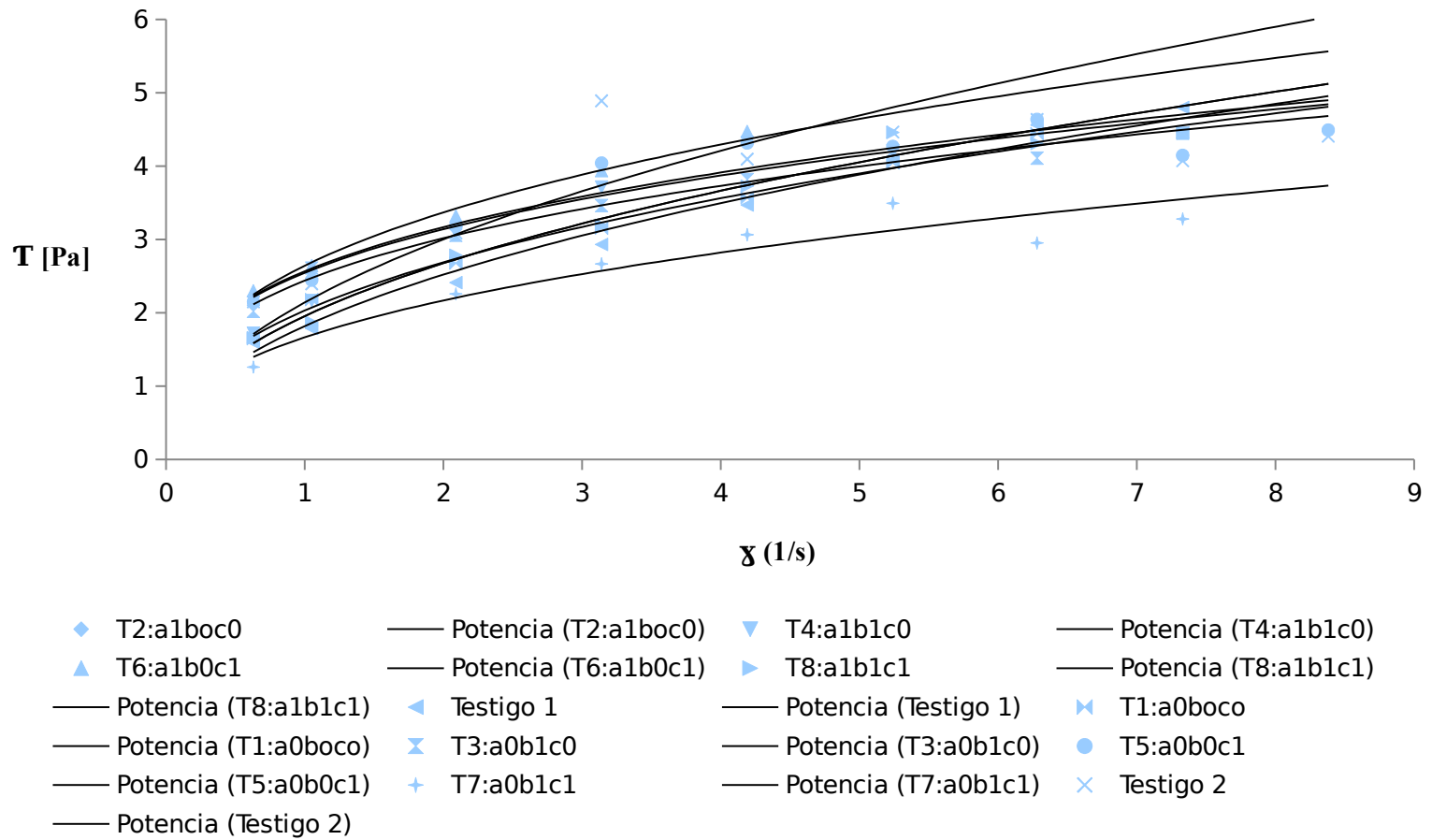
<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio*</b>
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	3,27±1,05
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	3,12± 0,93
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	3,33± 0,81
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	3,00±1,07
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	3,65± 0,93
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	3,34± 0,90
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	2,60± 0,77
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	3,14± 1,11
<b>Testigo 1</b>	3,20± 1,23
<b>Testigo 2</b>	3,72± 1,05

\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015





**Gráfico B9.** Relación entre la velocidad de deformación y esfuerzo de deformación

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

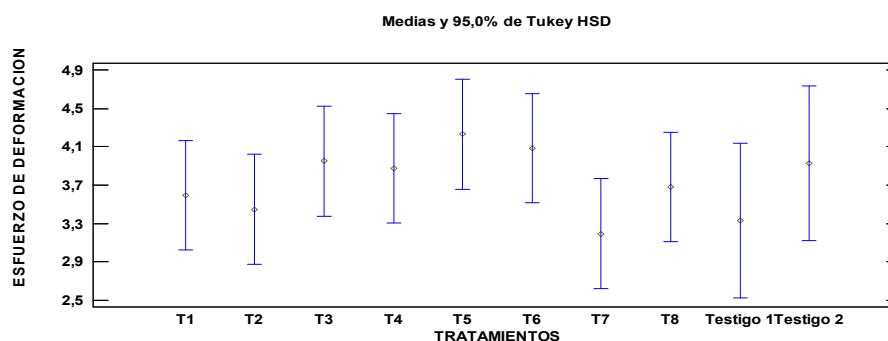
**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B19.** Ecuaciones y coeficiente de correlación que describen la velocidad de deformación con esfuerzo cortante de los diferentes tratamientos

Tratamientos	Esfuerzo de deformación [T.] (Pa)	
	Ecuación	Coefficiente de correlación
<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	$T = 2,0299 (\gamma)^{0,4058}$	0,9926
<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	$T = 2,1328 (\gamma)^{0,3688}$	0,9605
<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	$T = 2,4377 (\gamma)^{0,3072}$	0,9839
<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	$T = 2,1414 (\gamma)^{0,4874}$	0,9993
<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	$T = 2,5452 (\gamma)^{0,3026}$	0,9259
<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	$T = 2,642 (\gamma)^{0,3505}$	0,9924
<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	$T = 1,6661 (\gamma)^{0,3797}$	0,9324
<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	$T = 1,9547 (\gamma)^{0,4532}$	0,9836
<b>Testigo 1</b>	$T = 1,8178 (\gamma)^{0,4718}$	0,9812
<b>Testigo 2</b>	$T = 2,5668 (\gamma)^{0,3041}$	0,816

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B10.** Comparación entre tratamientos en relación a Esfuerzo de deformación

**Tabla B20.** Valores de índice de comportamiento de flujo [n.] e índice de consistencia [k] (Pa.s), del yogurt de sábila según modelo Ley de la Potencia.

	<b>n</b>	<b>k (Pa.s)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio*</b>	<b>Promedio*</b>	<b>Promedio</b>
T1: a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	0,405±0,05	2,029±0,014	0,992
T2: a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	0,368±0,04	2,132±0,566	0,960
T3: a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	0,307±0,11	2,437±0,559	0,983
T4: a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	0,487±0,11	2,141±0,262	0,999
T5: a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	0,302±0,07	2,545±0,057	0,925
T6: a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	0,350±0,02	2,642±0,050	0,992
T7: a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	0,379±0,05	1,666±0,481	0,932
T8: a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	0,453±0,06	1,954±0,205	0,983
Testigo1	0,471±0,05	1,817±0,233	0,981
Testigo 2	0,304±0,04	2,566±0,085	0,816

\* Promedio y desviación estándar de dos repeticiones

R<sup>2</sup>: Coeficiente de correlación; Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B21.** Análisis de Varianza para % de grasa, % de inóculo y % de sábila, en relación al índice de comportamiento de flujo, por el método ley de la potencia.

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
COVARIABLES					
Replicas	0,0280563	1	0,0280563	18,90	0,0034**
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:% Grasa	0,00275625	1	0,00275625	1,86	0,2153
B:% Inoculo	0,0280562	1	0,0280562	18,90	0,0034**
C:% Sábila	0,00105625	1	0,00105625	0,71	0,4269
INTERACCIONES					
AB	0,00225625	1	0,00225625	1,52	0,2575
AC	0,00105625	1	0,00105625	0,71	0,4269
BC	0,0430563	1	0,0430563	29,00	0,0010**
ABC	0,0264063	1	0,0264063	17,78	0,0040**
RESIDUOS	0,0103938	7	0,00148482		
TOTAL (CORREGIDO)	0,143094	15			

\*\*Existe Diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ )

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B22.** Prueba de comparación de Tukey para el % de inóculo

% Inóculo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b <sub>0</sub>	8	0,3975	0,0136236	B
b <sub>1</sub>	8	0,48125	0,0136236	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B23.** Análisis de Varianza para % de grasa, % de inóculo y % de sábila, en relación al índice de consistencia, por el método ley de la potencia.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
COVARIABLES					
Replicas	0,0529	1	0,0529	0,40	0,5474
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:% Grasa	0,6241	1	0,6241	4,71	0,0665
B:% Inóculo	0,5929	1	0,5929	4,48	0,0721
C:% Sábila	0,065025	1	0,065025	0,49	0,5060
INTERACCIONES					
AB	0,007225	1	0,007225	0,05	0,8220
AC	0,0036	1	0,0036	0,03	0,8737
BC	1,5625	1	1,5625	11,80	0,0109*
ABC	0,265225	1	0,265225	2,00	0,1999
RESIDUOS	0,9267	7	0,132386		
TOTAL (CORREGIDO)	4,10018	15			

\*Existe Diferencia significativa ( $\alpha < 0,01$ )

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B24.** Prueba de comparación de Tukey para el % de sábila

% Grasa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>0</sub>	8	1,80625	0,12864	A
a <sub>1</sub>	8	2,20125	0,12864	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

## EVALUACION SENSORIAL

**Tabla B25.** Promedios de los atributos color, olor, sabor, apariencia, aceptabilidad de los diferentes tratamientos

<b>ATRIBUTO</b>	<b>T1:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>T2:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>T3:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>T4:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>T5:a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>T6:a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>T7:a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>T8:a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>
<b>Color</b>	2,29 ± 1,35	2,57 ± 1,38	2,86 ± 1,65	3,00 ± 1,76	2,0 ± 1,24	2,57 ± 1,38	2,71 ± 1,45	2,43 ± 1,37
<b>Olor</b>	3,29 ± 1,74	3,43 ± 1,86	3,14 ± 1,79	3,71 ± 1,99	2,71 ± 1,50	2,86 ± 1,55	2,57 ± 1,49	2,43 ± 1,48
<b>Sabor</b>	3,43 ± 1,94	2,86 ± 1,60	3,29 ± 1,98	3,57 ± 2,08	1,71 ± 1,03	2,14 ± 1,38	2,71 ± 1,65	2,43 ± 1,48
<b>Apariencia</b>	3,00 ± 1,61	3,14 ± 1,87	2,86 ± 1,55	3,86 ± 2,09	1,14 ± 0,65	2,29 ± 1,23	2,71 ± 1,50	2,43 ± 1,53
<b>Aceptabilidad</b>	3,43 ± 1,90	2,86 ± 1,65	3,57 ± 1,93	3,71 ± 2,07	1,71 ± 0,95	2,43 ± 1,53	2,57 ± 1,49	2,71 ± 1,50

\* Promedio y desviación estándar de cuatro evaluaciones

Porcentaje de grasa: a<sub>0</sub>: 2%; a<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de inóculo: b<sub>0</sub>: 2%; b<sub>1</sub>: 3%; Porcentaje de sábila: c<sub>0</sub>: 5%; c<sub>1</sub>: 10%

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B26.** Análisis de varianza para el atributo Color

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tratamientos	6,83333	7	0,97619	1,72	0,1374
B:Catadores	14,9405	13	1,14927	2,02	0,0491*
RESIDUOS	19,9167	35	0,569048		
TOTAL (Corregido)	39,8393	55			

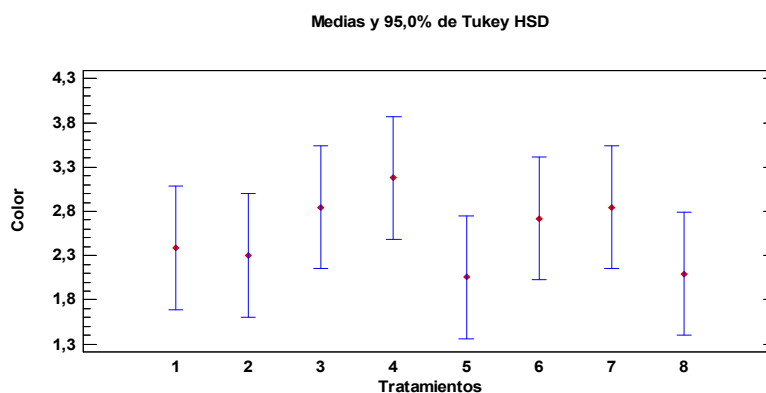
\*Existe diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ )

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla B27.** Pruebas de Múltiple Rangos para Color por Catadores

Catadores	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
7	4	1,52083	0,392577	D
4	4	1,85417	0,392577	CD
6	4	1,95833	0,392577	BCD
11	4	2,27083	0,392577	ABCD
5	4	2,29167	0,392577	ABCD
2	4	2,375	0,392577	ABCD
1	4	2,375	0,392577	ABCD
14	4	2,625	0,392577	ABCD
13	4	2,625	0,392577	ABCD
9	4	2,9375	0,392577	ABC
10	4	3,0625	0,392577	ABC
3	4	3,14583	0,392577	AB
12	4	3,22917	0,392577	AB
8	4	3,47917	0,392577	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



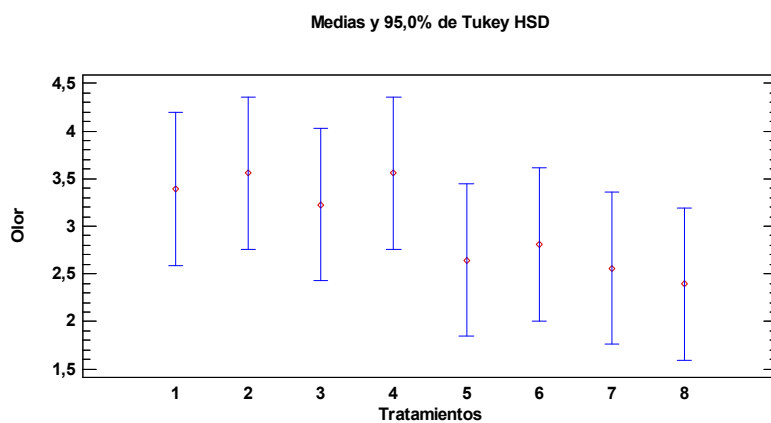
**Gráfico B11.** Comparación tratamientos en relación a color

**Tabla B28.** Análisis de Varianza para Olor - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tratamientos	9,33333	7	1,33333	1,77	0,1256
B:Catadores	8,72619	13	0,671245	0,89	0,5712
RESIDUOS	26,4167	35	0,754762		
TOTAL (Corregido)	44,9821	55			

\*Existe Diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ )

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B12.** Comparación tratamientos en relación a olor

**Tabla: B29.** Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tratamientos	24,4583	7	3,49405	2,29	0,0492*
B:Catadores	13,8512	13	1,06548	0,70	0,7504
RESIDUOS	53,2917	35	1,52262		
TOTAL (Corregido)	87,9821	55			

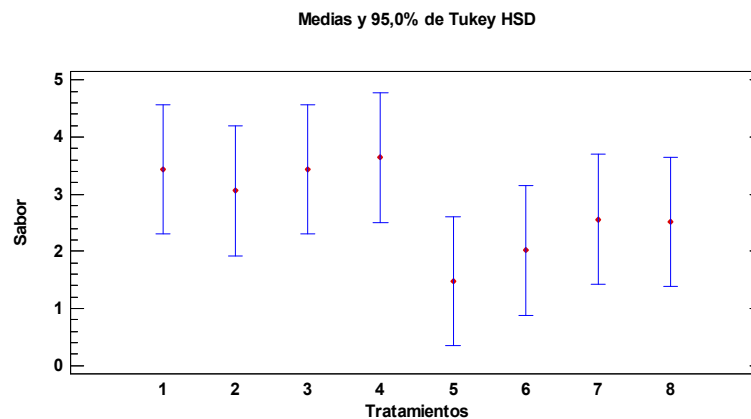
\*Existe Diferencia significativa ( $\alpha < 0,05$ )

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla: B30.** Pruebas de Múltiple Rangos para Sabor por Tratamientos

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	7	1,47619	0,499238	C
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	7	2,01786	0,499238	BC
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	7	2,51786	0,499238	ABC
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	7	2,55952	0,499238	ABC
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	7	3,05952	0,499238	AB
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	7	3,43452	0,499238	AB
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	7	3,43452	0,499238	AB
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	7	3,64286	0,499238	A

**Elaborado por:** Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B13.** Comparación tratamientos en relación a Sabor



**Tabla: B31.** Análisis de Varianza para Apariencia - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tratamientos	26,6667	7	3,80952	4,79	0,0007**
B:Catadores	8,16667	13	0,628205	0,79	0,6654
RESIDUOS	27,8333	35	0,795238		
TOTAL (Corregido)	66,2143	55			

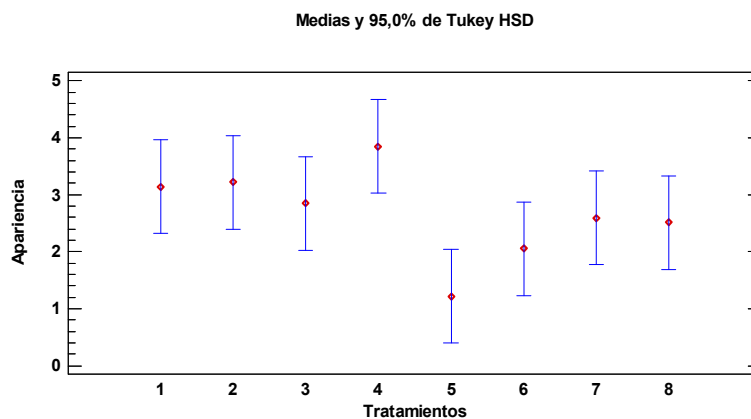
\*\*Existe Diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ )

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla: B32.** Pruebas de Múltiple Rangos para Apariencia por Tratamientos

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	7	1,22024	0,360795	C
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	7	2,05357	0,360795	BC
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	7	2,5119	0,360795	BC
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	7	2,59524	0,360795	BC
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	7	2,84524	0,360795	ABC
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	7	3,1369	0,360795	AB
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	7	3,22024	0,360795	AB
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	7	3,84524	0,360795	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



**Gráfico B14.** Comparación tratamientos en relación a Apariencia

**Tabla: B33.** Análisis de Varianza para Aceptabilidad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Tratamientos	26,75	7	3,82143	4,25	0,0017**
B:Catadores	12,5	13	0,961538	1,07	0,4154
RESIDUOS	31,5	35	0,9		
TOTAL (Corregido)	66,125	55			

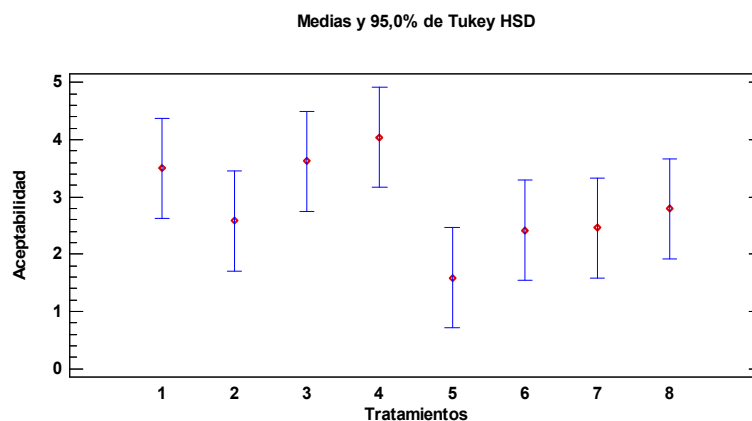
\*\*Existe Diferencia altamente significativa ( $\alpha < 0,01$ )

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015

**Tabla: B34.** Pruebas de Múltiple Rangos para Aceptabilidad por Tratamientos

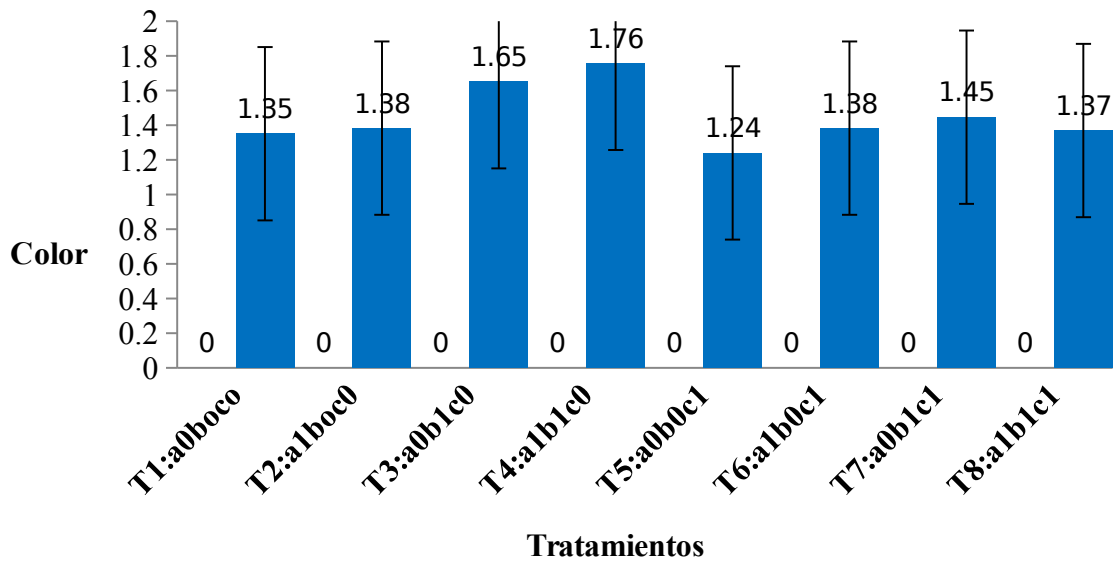
Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	7	1,58333	0,383825	C
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	7	2,41667	0,383825	BC
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	7	2,45833	0,383825	BC
a <sub>1</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	7	2,58333	0,383825	ABC
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	7	2,79167	0,383825	BC
a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	7	3,5	0,383825	ABC
a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	7	3,625	0,383825	AB
a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	7	4,04167	0,383825	A

Elaborado por: Wilmer A. Cadena M., 2015



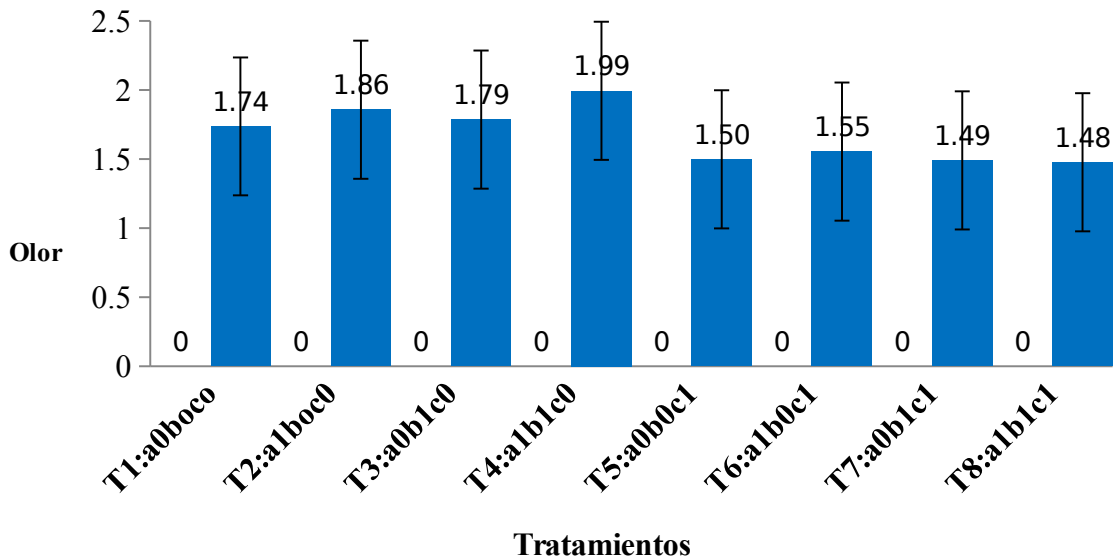
**Gráfico B15.** Comparación tratamientos en relación a Aceptabilidad

## EVALUACIÓN SENSORIAL



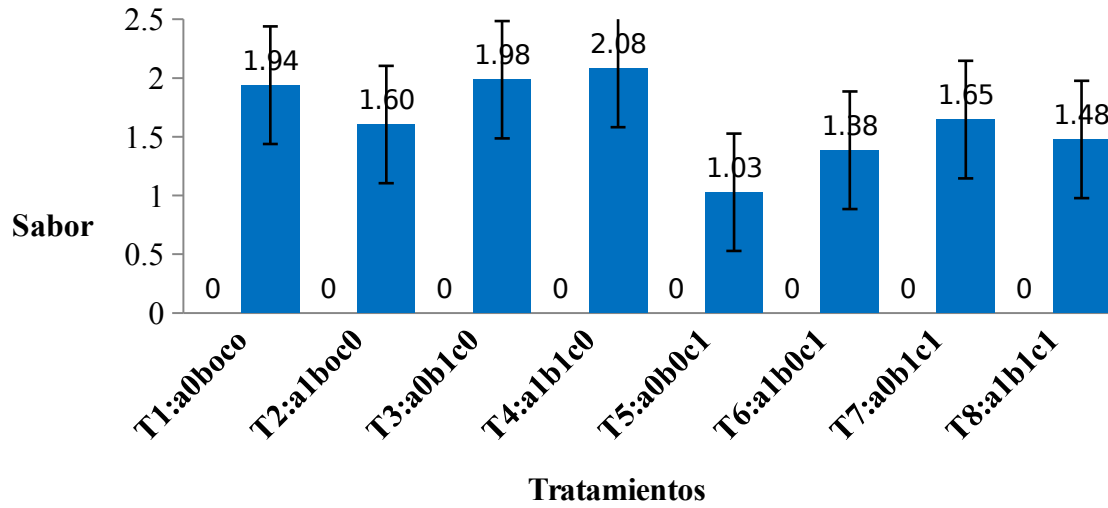
\* Promedio y desviación estándar de cuatro evaluaciones

**Gráfico B16.** Tratamientos vs. Color



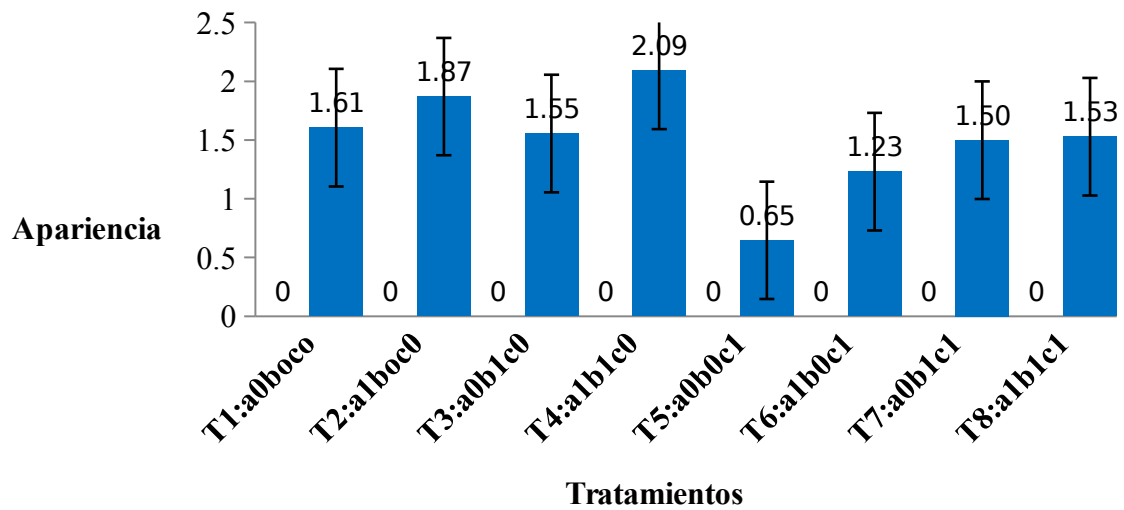
\* Promedio y desviación estándar de cuatro evaluaciones

**Gráfico B17.** Tratamientos vs. Olor



\* Promedio y desviación estándar de cuatro evaluaciones

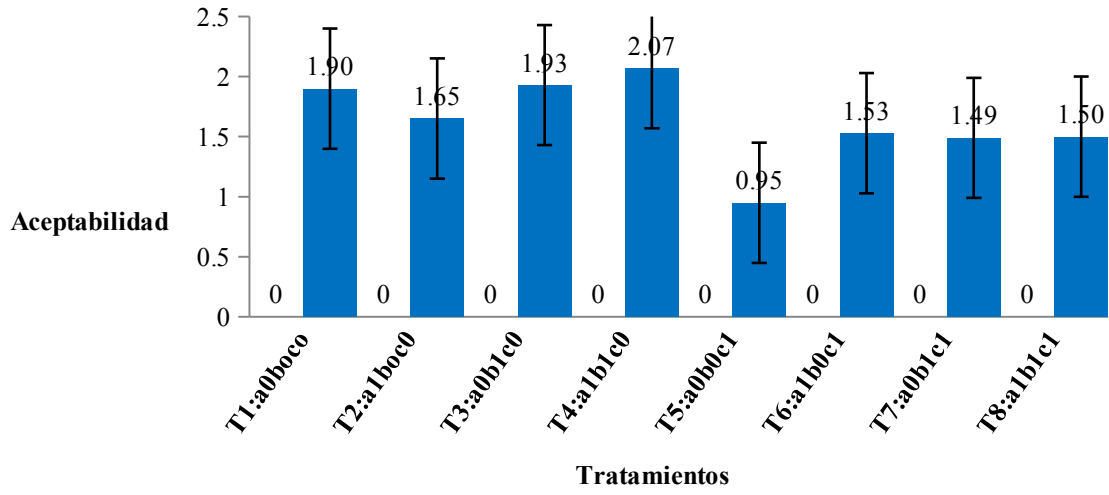
**Gráfico B18.** Tratamientos vs. Sabor



\* Promedio y desviación estándar de cuatro evaluaciones

**Gráfico B19.** Tratamientos vs. Apariencia

\*Promedio y desviación estándar de cuatro evaluaciones






**Gráfico B20.** Tratamientos vs. Aceptabilidad

## **ANEXO C**

### **RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL**

## ANÁLISIS PROXIMAL

**Tabla B35.** Análisis proximal del mejor tratamiento T4: a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub>

	UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS <b>LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS</b>					
Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Ambato Ecuador Telefonos: 2400987 Correo: laconal@hotmail.com "Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N°: OAE LE C 10-008"						
<b>CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO</b>						
<b>Certificado No:15-062</b>		R01-5.10 06				
Solicitud No: 062		Pág.:1 de 1				
Fecha de recepción: 13 marzo 2015		Fecha de ejecución de ensayos: 16-20 marzo 2015				
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa: Particular	C.I./RUC: 1803988698					
Representante: Wilmer Arnulfo Cadena Masabanda	Tif:					
Dirección: Lomas de Garcés, Vía a Santa Rosa	Celular: 0983837297					
Ciudad: Ambato	E mail: alexiswilmer85@hotmail.com					
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Yogurt de sábila	Volumen: 800 ml					
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: plástico					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: Refrigeración: X Congelación:	Almac. en Lab: n/a					
Criterios seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 13 marzo 2015					
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Yogurt de sábila	6215151	Ninguno	*Cenizas	PE05-5.4-FQ . AOAC Ed 19, 2012 930.30	%	<b>0.670</b>
			*Proteína	AOAC 991.2. Ed 19, 2012	%(Nx6.25)	<b>2.79</b>
			*Sólidos Totales	PE06-5.4-FQ. AOAC Ed 19 927.05	%	<b>8.34</b>
			*Grasa	AOAC 2000.18 Gerber. Ed 19, 2012	%	<b>0.270</b>
			*Carbohidratos Totales	Cálculo	%	<b>4.61</b>
			Mohos	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02. Ed 19, 2012	UFC/g	<b>&lt;10</b>
			Levaduras	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02. Ed 19, 2012	UFC/g	<b>2.1x10<sup>2</sup></b>
Conds. Ambientales: 19.2°C; 51%HR Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE						
			 Ing. Gladys Rísueño Directora de Calidad			
Autorización para transferencia electrónica de resultados: No						GR

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Solo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

**Fuente:** Laboratorio de Control y Análisis de los Alimentos, (LACONAL 2015)

## **ANEXO D**

### **FICHA TÉCNICA DEL ANÁLISIS SENSORIAL**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**HOJA DE CATACIÓN**



Nombre del Catador(a):..... Fecha:.....

**Instrucciones:**

- 1 Pruebe las muestras de referencia
- 2 Enjuague la boca
- 3 Marque con una x la alternativa que sea de su agrado

**EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT DE SÁBILA (*Aloe vera*)**

Atributos	Alternativas	Muestras			
		T1	T3	T5	T7
<b>Color</b>	Blanquecino				
	Poco Blanco				
	Normal Característico				
	Blanco				
	Muy Blanco				
<b>Olor</b>	Muy desagradable				
	Desagradable				
	Normal Característico				
	Agradable				
	Muy Agradable				
<b>Sabor</b>	Muy desagradable				
	Desagradable				
	Ni agrada ni desagrada				
	Agradable				
	Muy Agradable				
<b>Apariencia</b>	Muy diluido				
	Diluido				
	Normal Característico				
	Poco Espeso				
	Espeso				
<b>Aceptabilidad</b>	Disgusta				
	Disgusta Poco				
	Ni Gusta Ni disgusta				
	Gusta				
	Gusta mucho				

**COMENTARIO**.....

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

Fuente: (Saltos A., 2010)

**ANEXO E**  
**FOTOGRAFÍAS**



**Fotografía E-1:** Determinación de acidez



**Fotografía E-2:** Determinación de acidez



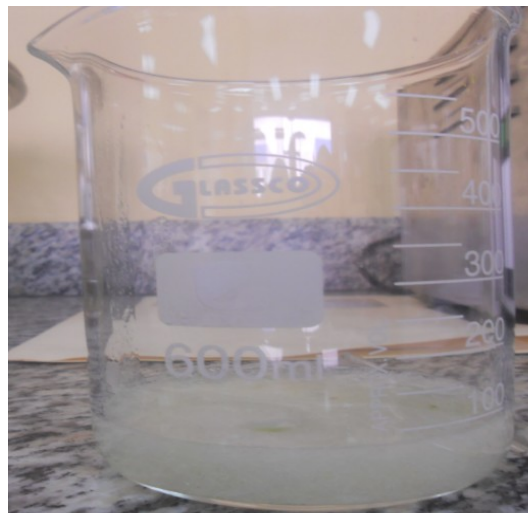
**Fotografía E-3:** Determinación de densidad



**Fotografía E-4:** Determinación de grasa



**Fotografía E-5:** Sábila



**Fotografía E-6:** Pulpa de Sábila

