



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**TEXTURA Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE  
FERMENTADA CON QUINUA LAVADA (*Chenopodium  
quinoa* Willd) VARIEDAD INIAP TUNKAHUAN.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA DE ALIMENTOS**

**MICHELLE ANAIS MORALES NOBOA**

**DIRECTOR: ING. JUAN BRAVO**

**Quito, Mayo, 2016**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2016

Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo **MICHELLE ANAIS MORALES NOBOA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Michelle Anais Morales Noboa

C.I. 171411346-9

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Textura y Perfil de Ácidos Grasos en Leche Fermentada con Quinoa Lavada (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera de Alimentos** fue desarrollado por **Michelle Anais Morales Noboa**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 26 y 27.



---

Ing. Juan Bravo

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1001367414

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1714113469
APELLIDO Y NOMBRES:	Morales Michelle Anais
DIRECCIÓN:	Valle de los Chillos
EMAIL:	michelle_amn@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022333413
TELÉFONO MOVIL:	0984851300

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua lavada ( <i>chenopodium quinoa willd</i> ) variedad INIAP Tunkahuan.
AUTOR O AUTORES:	Morales Michelle Anais
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Mayo 2016
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Juan Bravo
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero de Alimentos
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	El objetivo del presente trabajo fue determinar la textura y el perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua lavada, para ellos se elaboraron tres formulaciones empleando leche semidescremada, diferentes porcentajes de quinua lavada y un cultivo mixto de <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i> . Se midió la viscosidad aparente durante la fermentación y en el almacenamiento y se realizó un análisis estadístico. El perfil de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases en la materia prima y la leche fermentada durante el almacenamiento. Todas las formulaciones presentaron un comportamiento no-newtoniano pseudoplástico. Durante la fermentación la viscosidad aparente aumenta hasta llegar al

	<p>pH óptimo. Entre las formulaciones se presentaron diferencias significativas, siendo la formulación con 7.5% de quinua la que presentó mayor viscosidad aparente, seguido por la formulación con 5% y 2.5% de quinua lavada. La viscosidad aparente en el almacenamiento de cada formulación no presentó diferencias significativas. La quinua lavada contiene en su mayoría ácidos grasos insaturados, en contraste con la leche semidescremada que presenta mayor contenido de ácidos grasos saturados. Todas las formulaciones de quinua presentaron un aumento en el contenido de ácido linoleico. Los ácidos linoleico y linolenico no tienen diferencias significativas durante el almacenamiento, al contrario el esteárico y palmítico presenta diferencia significativa en la formulación de 2.5% y 7.5% y finalmente el ácido oleico presenta diferencia significativa para la formulación con 7.5% de quinua.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Textura; Perfil de ácidos grasos; Leche fermentada con quinua lavada</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>The aim of this study was to determine the texture and fatty acids profile of fermented milk with washed quinoa. Three formulations were prepared by using low-fat milk, different percentages of washed quinoa and a mixed culture of <i>Streptococcus thermophilus</i> and <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>. The apparent viscosity during fermentation and storage was measured and a statistical analysis was performed. Lipid profile was determined by gas chromatography in the raw material and the fermented milk during storage. All formulations showed pseudoplastic non-Newtonian behavior. During fermentation, the viscosity increased until it reached the optimal pH. Among all the formulations there were significant differences, being the formulation with 7.5% quinoa which had the higher viscosity formulation, followed by 5% and 2.5% of washed quinoa. The viscosity in storage of each formulation showed no significant differences. The washed quinoa contains</p>

	mostly unsaturated fatty acids, in contrast to the low-fat milk having higher content of saturated fatty acids. All formulations showed an increase in linoleic acid content. Linoleic and linolenic acids have no significant differences during storage, unlike stearic and palmitic that presents significant difference in the formulation of 2.5% and 7.5%, finally oleic acid presents significant difference for the formulation with 7.5% of quinoa.
<b>KEYWORDS</b>	Texture; Fatty acids profile; Fermented milk with washed quinoa

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



---

MORALES NOBOA MICHELLE ANAIS

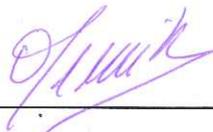
1714113469

**DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, Morales Noboa Michelle Anais, CI 1714113469 autor/a del proyecto titulado: Textura y perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua lavada (*Chenopodium quinoa willd*) variedad INIAP Tunkahuan, previo a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 31 de Mayo 2016



---

MORALES NOBOA MICHELLE ANAIS

1714113469

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
2.1    PRODUCCIÓN DE QUINUA EN EL ECUADOR	3
2.1.1    QUINUA VARIEDAD INIAP TUNKAHUAN	4
2.1.2    PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LA QUINUA	5
2.2    COMPOSICIÓN DE LA LECHE	6
2.3    LECHE FERMENTADA	9
2.3.1    FERMENTACIÓN LÁCTICA	10
2.4    VISCOSIDAD	12
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>15</b>
3.1    MATERIA PRIMA	15
3.2    ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA CON QUINUA LAVADA	15
3.3    ANÁLISIS DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS	18
3.4    DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD APARENTE	18
3.5    ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19

	<b>PÁGINA</b>
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>20</b>
4.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS	20
4.1.1 MATERIA PRIMA	20
4.1.2 LECHE FERMENTADA CON QUINUA LAVADA	22
4.2 VISCOSIDAD APARENTE	28
4.2.1 VISCOSIDAD APARENTE EN LA FERMENTACIÓN	28
4.2.2 VISCOSIDAD APARENTE DURANTE EL ALMACENAMIENTO	35
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>42</b>
5.1 CONCLUSIONES	42
5.2 RECOMENDACIONES	43
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional de la quinua, variedad Tunkahuan	5
<b>Tabla 2.</b> Composición nutricional de leche	7
<b>Tabla 3.</b> Composición de ácidos grasos en la leche	8
<b>Tabla 4.</b> Materia prima empleada por formulación	16
<b>Tabla 5.</b> Perfil de ácidos grasos en las formulaciones realizadas	22
<b>Tabla 6.</b> Comparación de medias para el perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento	26
<b>Tabla 7.</b> Esfuerzo cortante durante la fermentación de la muestra control	28
<b>Tabla 8.</b> Esfuerzo cortante durante la fermentación en leche fermentada con 2.5 % de quinua	29
<b>Tabla 9.</b> Esfuerzo cortante durante la fermentación en leche fermentada con 5 % de quinua	30
<b>Tabla 10.</b> Esfuerzo cortante durante la fermentación en leche fermentada con 7.5 % de quinua	31
<b>Tabla 11.</b> Esfuerzo cortante en el almacenamiento de la muestra control	35
<b>Tabla 12.</b> Esfuerzo cortante en el almacenamiento de leche fermentada con 2.5 % de quinua	36
<b>Tabla 13.</b> Esfuerzo cortante en el almacenamiento de leche fermentada con 5 % de quinua	37
<b>Tabla 14.</b> Esfuerzo cortante en el almacenamiento de leche fermentada con 7.5 % de quinua	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Perfil de ácidos grasos del aceite de quinua en estado crudo	6
<b>Figura 2.</b> Clasificación de los fluidos según la relación $\tau = f(\dot{\gamma})$	12
<b>Figura 3.</b> Curva de fluidez para representar la viscosidad aparente	13
<b>Figura 4.</b> Esquema de proceso de elaboración de leche	17
<b>Figura 5.</b> Ácidos grasos saturados e insaturados en materia prima	21
<b>Figura 6.</b> Perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento en leche fermentada con 2.5 % de quinua lavada	23
<b>Figura 7.</b> Perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento en leche fermentada con 5 % de quinua lavada	24
<b>Figura 8.</b> Perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento en leche fermentada con 7.5 % de quinua lavada	25
<b>Figura 9.</b> Ácido linoleico en las leches fermentadas con quinua durante el almacenamiento	27
<b>Figura 10.</b> Curvas de viscosidad durante la fermentación de la muestra control	29
<b>Figura 11.</b> Curvas de viscosidad durante la fermentación en leche fermentada con 2.5 % de quinua	30
<b>Figura 12.</b> Curvas de viscosidad durante la fermentación en leche fermentada con 5 % de quinua	31
<b>Figura 13.</b> Curvas de viscosidad durante la fermentación en leche fermentada con 7.5 % de quinua	32
<b>Figura 14.</b> Viscosidad aparente durante la fermentación	33
<b>Figura 15.</b> Curvas de viscosidad aparente durante el tiempo de fermentación	34
<b>Figura 16.</b> Curvas de viscosidad en el almacenamiento de la muestra control	36

<b>Figura 17.</b> Curvas de viscosidad en el almacenamiento de leche fermentada con 2.5 % de quinua	37
<b>Figura 18.</b> Curvas de viscosidad en el almacenamiento de leche fermentada con 5 % de quinua	38
<b>Figura 19.</b> Curvas de viscosidad en el almacenamiento de leche fermentada con 7.5 % de quinua	39
<b>Figura 20.</b> Viscosidad aparente de leche fermentada durante el almacenamiento.	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

		PÁGINA
<b>Anexo I.</b>	Método del detergente para extracción de grasa	49
<b>Anexo II.</b>	Método Oficial de la AOAC 963.22	50
<b>Anexo III.</b>	Viscosidad aparente de las leches fermentadas durante la fermentación	52
<b>Anexo IV.</b>	Viscosidad aparente de leche fermentada durante el almacenamiento	53
<b>Anexo V.</b>	Proceso de elaboración de leche fermentada	54
<b>Anexo VI.</b>	Extracción de grasa de la leche fermentada	56
<b>Anexo VII.</b>	Informe INIAP sobre el análisis del perfil de ácidos grasos de las leches fermentadas	58

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la textura y el perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua lavada, para ellos se elaboraron tres formulaciones empleando leche semidescremada, diferentes porcentajes de quinua lavada y un cultivo mixto de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Se midió la viscosidad aparente durante la fermentación y en el almacenamiento y se realizó un análisis estadístico. El perfil de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases en la materia prima y la leche fermentada durante el almacenamiento. Todas las formulaciones presentaron un comportamiento no-newtoniano pseudoplástico. Durante la fermentación la viscosidad aparente aumenta hasta llegar al pH óptimo. Entre las formulaciones se presentaron diferencias significativas, siendo la formulación con 7.5 % de quinua la que presentó mayor viscosidad aparente, seguido por la formulación con 5 % y 2.5 % de quinua lavada. La viscosidad aparente en el almacenamiento de cada formulación no presentó diferencias significativas. La quinua lavada contiene en su mayoría ácidos grasos insaturados, en contraste con la leche semidescremada que presenta mayor contenido de ácidos grasos saturados. Todas las formulaciones de quinua presentaron un aumento en el contenido de ácido linoleico. Los ácidos linoleico y linolénico no tienen diferencias significativas durante el almacenamiento, al contrario el esteárico y palmítico presenta diferencia significativa en la formulación de 2.5 % y 7.5 % y finalmente el ácido oleico presenta diferencia significativa para la formulación con 7.5 % de quinua.

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine the texture and fatty acids profile of fermented milk with washed quinoa. Three formulations were prepared by using low-fat milk, different percentages of washed quinoa and a mixed culture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. The apparent viscosity during fermentation and storage was measured and a statistical analysis was performed. Lipid profile was determined by gas chromatography in the raw material and the fermented milk during storage. All formulations showed pseudoplastic non-Newtonian behavior. During fermentation, the viscosity increased until it reached the optimal pH. Among all the formulations there were significant differences, being the formulation with 7.5 % quinoa which had the higher viscosity formulation, followed by 5 % and 2.5 % of washed quinoa. The viscosity in storage of each formulation showed no significant differences. The washed quinoa contains mostly unsaturated fatty acids, in contrast to the low-fat milk having higher content of saturated fatty acids. All formulations showed an increase in linoleic acid content. Linoleic and linolenic acids have no significant differences during storage, unlike stearic and palmitic that presents significant difference in the formulation of 2.5 % and 7.5 %, finally oleic acid presents significant difference for the formulation with 7.5 % of quinoa.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las industrias alimenticias se encuentran en una constante lucha por ofrecer a los consumidores productos que contribuyan a una buena nutrición, ya que existe una tendencia creciente a mantener una cultura alimentaria sana y equilibrada que mejore la calidad de vida. Una alternativa es la elaboración de leche fermentada enriquecida con quinua. La leche fermentada es una bebida que utiliza microorganismos lácteos que le brindan aroma y textura. Este tipo de productos ocupa el puesto 21 dentro de 51 productos alimenticios más importantes de consumo familiar en el Ecuador según el INEC, sin embargo dentro de los hogares con mayores ingresos económicos, las leches fermentadas, sobretodo el yogurt están entre los 12 productos más consumidos (Ojeda, 2010).

Por otro lado, la quinua INIAP Tunkahuan, es una variedad mejorada de alto rendimiento, que ha sido adoptada por muchas comunidades ecuatorianas y promocionada por fundaciones y organizaciones de varias provincias. Lo que caracteriza a esta variedad de quinua mejorada es la ausencia de saponina y su sabor dulce, además de presentar las bondades nutritivas propias de la quinua que la hacen sobresalir del resto de granos, como es su contenido proteico y de omegas 3, 6 y 9; sin embargo no ha sido explotada por completo dentro de la industria alimentaria (Peralta, 2010).

Considerando los beneficios de la quinua y el consumo de leche fermentada se ha elaborado leche fermentada con quinua lavada, sobre la cual es importante estudiar el perfil de ácidos grasos resultante de la combinación y la textura que presenta, por lo cual se ha propuesto como objetivo general determinar la textura y el perfil de ácidos grasos en leche fermentada con quinua lavada (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP Tunkahuan; y los objetivos específicos fueron establecer el perfil de ácidos grasos de la materia prima, determinar el perfil de ácidos grasos en la leche fermentada con diferentes porcentajes de quinua adicionada y su evolución durante el almacenamiento y determinar la viscosidad aparente de las formulaciones de

leche fermentada con adición de quinua lavada durante la fermentación y en el tiempo de almacenamiento.

## **2. MARCO TEÓRICO**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 PRODUCCIÓN DE QUINUA EN EL ECUADOR**

La quinua es un grano andino que se cultiva principalmente en Bolivia, Perú y Ecuador y en menor escala en Argentina, Chile, Colombia y Brasil. Debido a su alta calidad nutritiva ha sido cultivada también en países europeos como Holanda y en el norte de América como es el caso de EEUU y Canadá (FAO, 2014). En Ecuador el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias lanzó en 1992 una nueva variedad de quinua de alto rendimiento y bajo contenido de saponinas, al cual lo denominaron variedad INIAP Tunkahuan (Peralta, 2010).

La quinua es un producto clave para la soberanía alimentaria debido a sus bondades nutricionales y los beneficios a la salud humana. No contiene gluten siendo apto para pacientes celíacos. Además, contiene aminoácidos semejantes a los de la carne. Adicionalmente, contiene la mayor parte de los ácidos grasos insaturados y esenciales (linoleico, linolénico) y es un producto rico en fibra, ayudando a una buena digestión (Llerena, 2012).

De acuerdo al MAGAP (2014) Ecuador siembra alrededor de 2 mil hectáreas de quinua al año. En el 2014 las estadísticas demostraron un aumento del 300 % en las exportaciones. Las provincias con mayor producción de quinua en el Ecuador son Carchi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha; Según Ramón, viceministro de Desarrollo Rural del MAGAP, para el 2017 se proyecta un aumento en la producción, teniendo como meta las 16 mil hectáreas de cultivo. El objetivo principal es incrementar la producción como grano y comercializar sus derivados, en el marco del cambio de la matriz productiva que promueve el gobierno actual.

### **2.1.1 QUINUA VARIEDAD INIAP TUNKAHUAN**

Una de las características distintivas de la quinua es la calidad de sus proteínas, ya que contienen un balance de aminoácidos mayor al de otro tipo de cereales tradicionales. Entre los aminoácidos destacan la lisina, histidina, metionina y cisteína (Cervilla, Mufari, Calandri, y Guzmán, 2012). Otro beneficio está en su contenido de fitoesteroles, que bloquean el desarrollo de tumores en el colon, en las glándulas mamarias y en la próstata (Arenas, Zapata, y Gutiérrez, 2012).

En cuanto a los minerales se destaca el litio y calcio; el litio ha demostrado mejorar las condiciones de personas depresivas. Por otro lado, a diferencia de otros alimentos, el calcio presente en la quinua sí es absorbido por el organismo y junto al zinc se evitan la descalcificación y la osteoporosis (Mainato y Beatriz, 2011).

La variedad tradicional de quinua presenta limitaciones en su producción, como es la fertilidad del suelo, la susceptibilidad a enfermedades causadas por hongos y plagas, la disponibilidad de semillas de buena calidad y su bajo rendimiento, además presenta un sabor amargo por un alto contenido de saponinas (Mazón, Peralta, Rivera, Subía, y Villacrés, 2009). El INIAP para mejorar el sistema de producción realizó hibridaciones obteniendo como resultado dos variedades, las mismas fueron evaluadas bajo criterio de color del grano, tamaño y contenido de saponinas, siendo finalmente seleccionada la variedad Tunkahuan (Nieto, Vimos, Monteros, Caicedo y Rivera, 1992).

La composición del grano amargo y grano desaponificado de quinua INIAP Tunkahuan se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición nutricional de la quinua, variedad Tunkahuan.

CONTENIDO	UNIDAD	GRANO AMARGO	GRANO DESAPONIFICADO
Proteína	%	15.73	16.14
Cenizas	%	2.57	3.27
Grasa	%	6.11	9.43
Fibra Bruta	%	6.22	5.56
Carbohidratos	%	69.37	65.59
Saponina	%	0.06	0.0

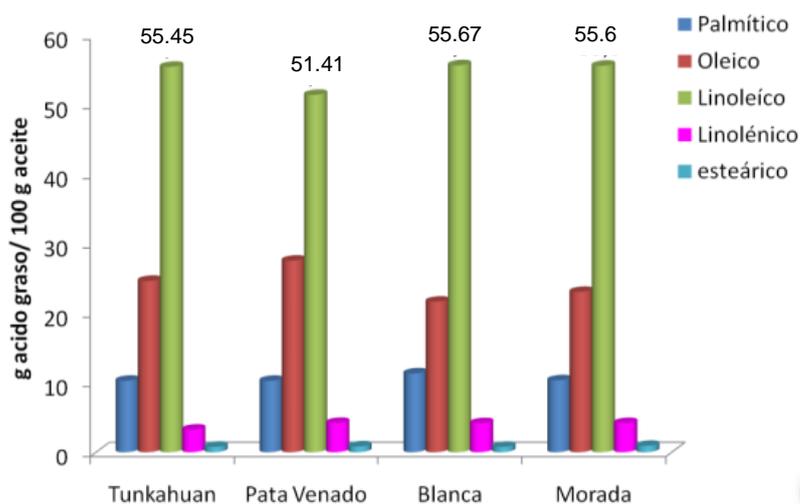
(Peralta, 2009)

Las saponinas tienden a emulsionar la grasa ya que contiene una parte lipofílica (esteroides y tripterpenos) y otra parte hidrofílica que son los azúcares (Allauca, 2013). Hernández (1997) afirma que son un factor limitante en el consumo de quinua ya que le da un fuerte sabor amargo. Es por ello que se optan por tratamiento de desaponificación, que consisten en un lavado repetitivo de las semillas con agua fría hasta obtener un agua de lavado libre de espuma.

### 2.1.2 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LA QUINUA

Peralta (2009) determinó el contenido de ácidos grasos presente en la quinua variedad INIAP Tunkahuan, concluyendo que contiene en mayor proporción Omega 6 (ácido linoleico) con un 56.8 %. Luego, con un 27.01 % está el contenido de Omega 9 (ácido oleico), seguido por el ácido palmítico con un 11.49 % y finalmente el Omega 3 (ácido linolénico) con un 4.7 %, dichos resultados concuerdan con Villacrés (2013) quien señala que el ácido predominante es el linoleico, con 55.45 %, seguido por el oleico, palmítico, linoleico y esteárico como se observa en la Figura 1.

En términos generales el 11 % del total de ácidos grasos son saturados, siendo predominante el ácido palmítico. El 89 % restante son ácidos grasos insaturados y dentro de este grupo se encuentra el Omega 6, 3 y 9. Gracias al contenido de Omega 3 y 6, el aceite de quinua eleva el colesterol HDL o conocido como el “colesterol bueno”, y reduce el colesterol LDL conocido como “colesterol malo” (FAO, 2011).



**Figura 1.** Perfil de Ácidos Grasos del Aceite de Quinua en estado crudo.

(Villacrés, 2013)

## 2.2 COMPOSICIÓN DE LA LECHE

La leche es considerada un alimento puro con altos beneficios. Contiene caseína (proteína de la leche) y aminoácidos esenciales; además, es fuente de calcio, fósforo y Vitamina B2. Adicionalmente, brinda un importante aporte energético por el contenido de ácidos grasos y lactosa (Gómez y Mejía, 2005). Dependiendo del contenido graso, la leche se clasifica en entera si contiene 3 % de grasa, semidescremada si contiene entre 1 % y 3 %; y descremada menor a 1 % (NTE INEN 10:2012). La composición nutricional para leche entera y semidescremada se encuentra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Composición nutricional de leche.

<b>CONTENIDO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Leche entera</b>	<b>Leche semidescremada</b>
<b>Humedad</b>	%	87.9	89.2
<b>Proteína</b>	%	3.3	3.3
<b>Grasa</b>	%	3.3	1.9
<b>Fibra</b>	%	0	0
<b>Carbohidratos</b>	%	4.7	4.8

(Muñoz y Ledesma, 2002)

Los ácidos grasos son uno de los constituyentes más importantes de la leche, ya que representa aproximadamente el 30 % de la materia seca en la leche entera. El contenido graso varía según el tipo alimentación de la vaca, además de la característica genética propia de cada raza (Vega, Perez, y Gutierrez, 2004).

La Tabla 3 indica la composición de los ácidos grasos más significativos presentes en la grasa de la leche.

**Tabla 3.** Composición de ácidos grasos en la leche.

<b>Ácido Graso</b>	<b>Rango Porcentual (%)</b>
Palmítico	22 - 35
Oleico (Omega 9)	20 – 30
Esteárico	9 – 14
Mirístico	8 – 14
Butírico	2 – 5
Láurico	2 – 5
Cáprico	2 – 4
Caproico	1 – 5
Caprílico	1 – 3
Palmitoleico	1 – 3
Linoleico (Omega 6)	1 – 3
Pentadecanoico	1 – 2
Linolénico (Omega 3)	0.5 - 2

(Jensen, 2002)

En general, está compuesta en mayor parte por triglicéridos, y contiene también lipoides como fosfolípidos, carotenoides, tocoferoles, aldehídos, etc, los mismos que van a contribuir en el color y el aroma de la leche. Los ácidos grasos saturados, como el palmítico, aumentan el colesterol LDL y están vinculados a enfermedades coronarias del corazón; los monoinsaturados se relacionan con la prevención de las enfermedades del corazón y la reducción del colesterol LDL. Por último los polinsaturados son los conocidos Omega 3 y 6, que disminuyen los niveles de colesterol total y LDL (Melgarejo, 2014).

Serafeimidou, Zlatanov, Kritikos y Torianis (2013) en un estudio sobre el perfil de ácidos grasos de la leche fermentada durante el almacenamiento indicó

que los ácidos grasos saturados tienden a aumentar significativamente, mientras que los poliinsaturados y monoinsaturados disminuyen.

La leche contiene enzimas lipasas, las cuales catalizan la hidrólisis de los enlaces éster presentes en los triglicéridos. Además también pueden provocar la síntesis de nuevos triglicéridos. No se tiene un valor fijo del pH óptimo para la acción de la lipasa, ya que varía dependiendo del sustrato, pudiendo trabajar desde pH ácidos de 4.5 a pH básicos de 11 (González, 2010). Por otro lado Zhou, Robards, Helliwell, y Blanchard (2002) afirman que la hidrólisis involucra la producción de ácidos grasos libres y que su velocidad de reacción se ve afectada por la temperatura de almacenamiento, por ejemplo a temperaturas bajas (5°C) la actividad de las lipasas es baja, mientras que a temperaturas superiores (35°C) se incrementó la actividad, reduciendo significativamente el contenido de lípidos.

### **2.3 LECHE FERMENTADA**

Las leches fermentadas, especialmente el yogurt, son las más consumidas alrededor del mundo, por ello se lo usa como medio para llevar probióticos y adicionar otros alimentos que le aporten valor nutricional, convirtiéndolos en un producto de elevado beneficio para la salud humana (Trejo, Vargas, Hernández, y Rodríguez, 2014). Los probióticos protegen al organismo de infecciones intestinales ya que inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos, controlando el equilibrio de la flora del colon y estimulando el sistema inmunológico (Arrigoni, 2015).

En forma técnica, la norma Codex para Leches fermentadas, la define como “un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición según las limitaciones establecidas en

esta norma, por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación”.

La NTE INEN 2395 (2011) clasifica a las leches fermentadas según su contenido graso en entera, semidescremada y descremada; según los ingredientes en natural y con ingrediente y según el proceso de elaboración en batido, coagulado, tratado térmicamente, concentrado y deslactosada.

Por otro lado, la norma Codex Stan 243-2003 describe tres categorías: leche fermentada concentrada, cuya proteína se ha aumentado antes o después de la fermentación llegando a un mínimo del 5.6 %; leche fermentada aromatizada, que contiene un máximo del 50 % de ingredientes no lácteos como frutas, verduras, cereales, miel, chocolate, frutos secos, especias; y bebidas a base de leche fermentada, obtenidos por la mezcla de leche fermentada con agua potable, con o sin la adición de otros ingredientes.

Entre los beneficios de la leche fermentada destaca su acción sobre el sistema digestivo, ya que contribuye en la regeneración de la flora intestinal y reduce los niveles de colesterol (Lodoño, Sepúlveda, Monzón y Parra, 2008). Aparte de esto, reduce el colesterol, permite que la grasa se absorba con mayor facilidad, minimiza el efecto negativo de los antibióticos y protege al estómago de la erosión producida por algunos medicamentos (Ojeda, 2010).

### **2.3.1 FERMENTACIÓN LÁCTICA**

La transformación de la leche en leche fermentada se da gracias a la fermentación láctica, provocada por la adición controlada de cultivos microbianos. Durante la fermentación las proteínas de la leche se rompen y las bacterias producen exopolisacáridos (EPS) lo que provoca un aumento en la viscosidad y le dan la textura final a la leche fermentada (Jolly, Vincent, Duboc y Neeser, 2002). En la actualidad la industria se ha enfocado en las propiedades reológicas de las leches fermentadas ya que es un atributo

importante para la aceptabilidad del consumidor (Paseephol, Small, y Sherkat, 2008).

La fermentación láctica además se caracteriza por la formación de geles producidos por la desestabilización de las micelas de la caseína. Estos cambios se dan a partir de un pH 5.5, donde la caseína empieza a desestabilizarse hasta que pierde completamente la integridad de la micela a un pH de 4.5. Los cambios estructurales que sufre la leche dependerán del pH, la concentración de sales, el contenido de ácidos grasos, polisacáridos y azúcares (Pilosof, 2000). Cuando el pH del gel se aproxima al punto isoeléctrico de la proteína se produce la sinéresis, que es la expulsión de agua retenida por el aumento de las fuerzas de atracción (UNAD, 2015).

La función de los cultivos iniciadores o fermentos es producir ácido láctico suficiente en el menor tiempo posible. Con la producción de ácido láctico se provoca el descenso del pH de la leche, pasando de un 6.7-6.4 a un pH de 4.2-3.8, dependiendo del requerimiento que tenga el productor (Early, 1998). Trejo et al. (2014) afirma que un cultivo mixto de *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* presentan una fuerte simbiosis, lo que produce una alta tasa de crecimiento de bacterias que otras combinaciones estudiadas, como el caso del cultivo *Lactobacillus johnsonii*.

La acción del fermento se ve afectada por factores como el contenido de sólidos totales, donde si se supera el 25 % va a dificultar su actividad, al igual que por la temperatura de incubación. En el caso de *S. thermophilus* tiene un crecimiento óptimo a los 45 °C. Desde un punto microbiológico, los cultivos iniciadores (*S. thermophilus* y *L. bulgaricus*) detienen su crecimiento a una temperatura de 10-15 °C, sin embargo, muchas industrias los conservan a temperatura de 5 °C o menos (Tamime y Deeth, 1980).

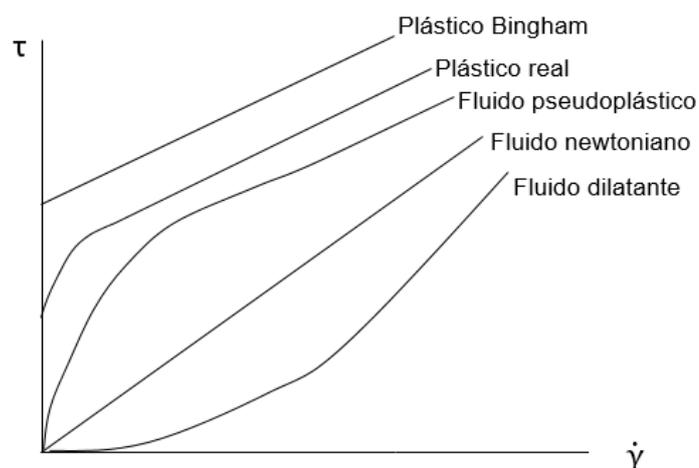
Por otro lado, Dave, Ramaswamy y Baer (2002) investigaron sobre la acción de la fermentación, los cultivos iniciadores y el tiempo de almacenamiento en el perfil de ácidos grasos de la leche fermentada, concluyendo que este no altera el contenido de ácido linoleico ni linolénico. Además Rao y Reddy

(1984), indicó que los efectos de la fermentación sobre la leche no provocan cambios significativos en la mayoría de ácidos grasos antes de las 48 horas de almacenamiento.

## 2.4 VISCOSIDAD

La viscosidad es una medida de resistencia a la deformación del fluido. Se ha comprobado que la viscosidad de los líquidos disminuye conforme aumenta la temperatura y desciende la presión. Las unidades de la viscosidad en el sistema SI es expresada como Pa.s (Ramírez, 2006).

Existen dos tipos de fluidos: el fluido newtoniano, donde la viscosidad es constante para cualquier valor de tensión de corte; y el fluido no newtoniano, que pueden ser independientes del tiempo, dependientes del tiempo ó fluidos visco-elásticos. Los fluidos no-newtonianos independientes del tiempo se caracterizan porque su tensión tangencial depende de la velocidad de deformación y se dividen en plástico Bingham, plástico real, fluido pseudoplástico y fluido dilatante, representados en la Figura 2, donde  $\tau$  es el esfuerzo cortante y  $\dot{\gamma}$  es la tasa de corte (Ibarrola, 2009).

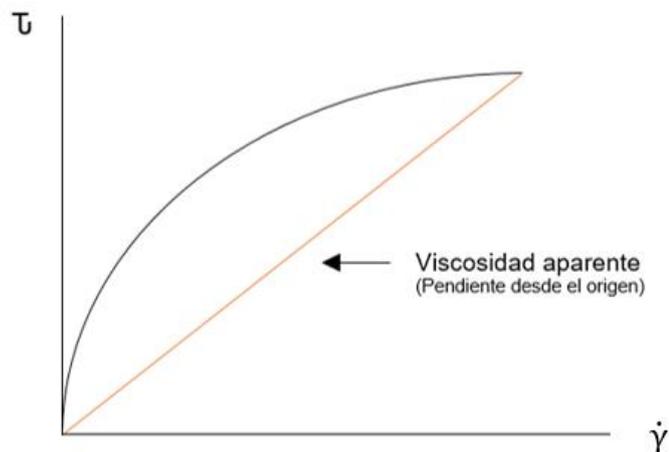


**Figura 2.** Clasificación de los fluidos según la relación  $\tau = f(\dot{\gamma})$

(Ibarrola, 2009)

Los fluidos plásticos tienen que vencer un umbral de esfuerzo para poder empezar a fluir, por lo tanto su esfuerzo cortante inicial será diferente de cero; una vez vencido este umbral pueden comportarse como fluidos newtonianos o como pseudoplásticos (Chiralt, Martínez, Gonzáles, Talens y Gemma, 2007).

La viscosidad aparente es el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, se usa este término cuando se trata de un fluido con comportamiento no newtoniano. Técnicamente es la pendiente que se forma desde el origen de la curva, esto se puede apreciar en la Figura 3, donde  $\tau$  es el esfuerzo cortante y  $\dot{\gamma}$  es la tasa de corte (Ramírez, 2006).



**Figura 3.** Curva de fluidez para representar la viscosidad aparente

(Ramírez, 2006)

Existen varios factores que influyen en la viscosidad de los alimentos: un mayor contenido de grasa provocará la disminución de la firmeza del gel debido a que los glóbulos grasos destruyen la red formada por las proteínas (UNAD, 2015); por otro lado un estudio realizado por Velez Ruiz, Sosa Morales, y Díaz Jiménez (2004) señala que la viscosidad aparente de leche fermentada aumenta conforme se incrementa el porcentaje de fibra, dicha conclusión la reafirma Arrigoni et al. (2014) quien concluyó que a mayor

cantidad de harina de maca existía una mayor viscosidad causada por la cantidad de fibra que esta posee (21 %).

Otro factor que interfiere en la viscosidad es el tratamiento térmico al cual se somete a la leche (en el caso de la elaboración de leche fermentada), un calentamiento a temperaturas de 85 a 90 grados centígrados por 5 a 10 minutos van a aumentar la dureza de la leche fermentada, esto se produce por la coagulación de las proteínas séricas que van a aumentar el volumen de las partículas proteicas.

La temperatura también juega un rol importante durante el almacenamiento ya que a menor temperatura de conservación se va a dar un aumento en la consistencia, ocasionada por el hinchamiento de las micelas de la caseína (Almanza y Barrera, 1995). Finalmente existe el factor de acidez, un pH cercano al punto isoeléctrico de la proteína va a disminuir la capacidad de asociarse con moléculas de agua; en contraste pH alejados del punto isoeléctrico aumentan la solubilidad de las proteínas.

En estudios realizados sobre la viscosidad en leche fermentada se ha encontrado que durante la fermentación varía dependiendo del régimen en el cual se encuentre. El primero es el metabolismo primario donde la viscosidad incrementa linealmente con el tiempo transcurrido; y el segundo es el metabolismo secundario se inician cambios físicos y químicos significativos, que provocan un aumento notorio en la viscosidad y le da la textura final del yogurt (Trejo et al., 2014).

Además, Paseephol et.al (2008), estudio la viscosidad en el almacenamiento, encontrando que los siete primeros días de almacenamiento la viscosidad de la leche fermentada aumenta ligeramente debido al refuerzo de la estructura del gel a bajas temperaturas.

### **3. METODOLOGÍA**

### **3. METODOLOGÍA**

Para cumplir los objetivos planteados se extrajo la grasa de la materia prima y se determinó su perfil de ácidos grasos, seguidamente se elaboraron tres formulaciones de leche fermentada con diferentes porcentajes de quinua lavada, se almacenaron en refrigeración y cada 7 días se extrajo la grasa y se determinó el perfil de ácidos grasos. Posteriormente, se midió el esfuerzo cortante para siete tasas de corte durante la fermentación y en el almacenamiento, y se calculó la viscosidad aparente.

#### **3.1 MATERIA PRIMA**

Para la elaboración de leche fermentada con quinua lavada se utilizó leche semidescremada marca NUTRILECHE, quinua INIAP variedad Tunkahuan y cultivo mixto de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, adquiridas en el mercado local.

La grasa de la quinua lavada se separó mediante el Método de Extracción por Solventes (Soxhlet) según la norma INEN 0523 (1981). La extracción de grasa de la leche se realizó según el Método del Detergente, descrito por Frank, Smith, Braun, Holdrinet, y McWade (1975) y Schettino, Pérez, Gutiérrez, Vega, León, Faure y Escobar (2011), el cual se detalla en el Anexo I y fue almacenada a -18 °C hasta su posterior análisis.

#### **3.2 ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA CON QUINUA LAVADA**

Primero se lavó el grano de quinua con abundante agua potable, hasta que dejó de salir espuma. Luego, se escurrió por 10 minutos, se lo extendió en

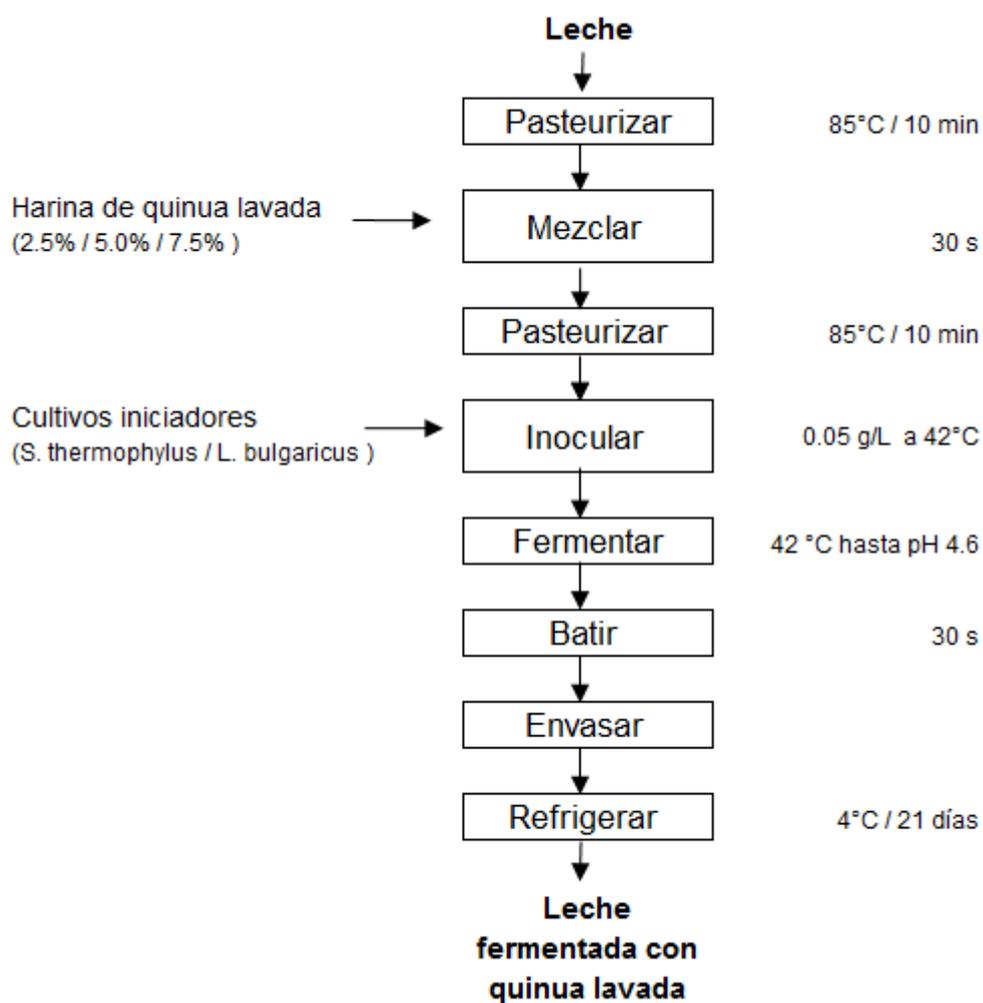
bandejas y fue secado con corriente de aire a 60 °C. Una vez seco se molió y almacenó en recipientes herméticos para ser posteriormente usado en la elaboración de la leche fermentada.

Se elaboraron tres formulaciones, variando la proporción de quinua, tal como se muestra en la Tabla 4. Los cálculos se realizaron tomando como base 8000 g, los cuales se almacenaron en 2 lotes de 4 envases de leche fermentada con quinua de 1000 g cada uno. El primer lote fue usado en la extracción de grasa y posterior análisis de perfil de ácidos grasos; y el segundo lote se utilizó para la determinación de viscosidad aparente en almacenamiento.

**Tabla 4.** Materia prima empleada por formulación.

		FORMULACIONES		
		2.5 % HQL	5 % HQL	7.5 % HQL
<b>LECHE SEMIDESCREMADA</b>	g	7800	7600	7400
<b>HARINA DE QUINUA</b>	g	200	400	600

Se añadió 0.05 g de cultivo iniciador por cada litro de leche. El proceso de elaboración de leche fermentada con quinua se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Esquema de proceso de elaboración de leche fermentada con adición de quinua lavada.

Para la determinación de viscosidad aparente durante la fermentación se inoculó, fermentó y almacenó en vasos individuales de 250 ml cada uno y fueron desechados luego de su medición.

### **3.3 ANÁLISIS DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS**

Se realizó la extracción de grasa de la leche fermentada según el Método del Detergente (Anexo I). Las mismas se realizaron a los días 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento y fueron almacenadas a -18 °C hasta su posterior análisis.

La determinación del perfil de ácidos grasos para todas las muestras de grasa (leche, quinua y leche fermentada) se realizó por duplicado mediante cromatografía de gases siguiendo el Método Oficial de la AOAC 963.22, descrito como Método Metil Ésteres de Ácidos Grasos en Aceites y Grasas, el cual se detalla en el Anexo II.

### **3.4 DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD APARENTE**

Primero se midió el esfuerzo cortante mediante el equipo OFITE Modelo 800 Viscometer (USA), donde se obtuvieron siete medidas de esfuerzo cortante en lbf/100 pies<sup>2</sup> medidos en siete tasas de corte (3, 30, 60, 100, 200, 300 y 600 rpm).

Las lecturas se realizaron a 42 °C cada 45 minutos durante la fermentación de las formulaciones de leche fermentada hasta alcanzar el pH óptimo de 4.6. Además se midió durante los días 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento a 4 °C. Todas las mediciones se realizaron por duplicado y los datos de esfuerzo cortante y tasa de corte fueron transformados al Sistema Internacional para la elaboración de las curvas de viscosidad.

La viscosidad aparente se calculó a una tasa de corte de 300 rpm ( $5 \text{ s}^{-1}$ ), considerando que es la velocidad a la cual el equipo dio la lectura más estable. A continuación se presenta la Ecuación 1 para el cálculo de la viscosidad aparente (Chiralt et al., 2007);

$$\mu_{ap} = \eta = \sigma (\dot{\gamma}) / \dot{\gamma}$$

[1]

Donde;

$\mu_{ap}$  y  $\eta$  = viscosidad aparente

$\dot{\gamma}$  = tasa de corte

$\sigma$  = esfuerzo cortante

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron ingresados en el programa Infostat, en el cual se obtuvo la comparación de medias, utilizando el Método Tukey con un nivel de significación de 0.05.

Se utilizaron dos diseños experimentales para el análisis estadístico del perfil de ácidos grasos en las formulaciones de leche fermentada, considerando los ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico), los ácidos grasos saturados de importancia para la industria alimenticia por sus efectos negativos en el organismo (palmítico, esteárico) y el ácido oleico que es el segundo ácido graso predominante en la leche y la quinua.

El primer diseño utilizado fue el diseño unifactorial y el segundo diseño experimental aplicado fue un diseño AXB, con los días de almacenamiento y el porcentaje de quinua añadida como variables de clasificación.

Para la viscosidad aparente se utilizó un diseño experimental AXB, teniendo como variables de clasificación el tiempo de fermentación y el porcentaje de quinua adicionada para el primer estudio y para el segundo estudio los días de almacenamiento junto porcentaje de quinua adicionada. Además se aplicó el diseño unifactorial para analizar las diferencias estadísticas durante el almacenamiento en cada formulación por separado.

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Se determinó el perfil de ácidos grasos de la leche y la quinua utilizadas como materia prima, luego se elaboró la leche fermentada y se extrajo la grasa durante el almacenamiento determinando igualmente su perfil. Finalmente se analizó estadísticamente los valores obtenidos para los A.G saturados e insaturados.

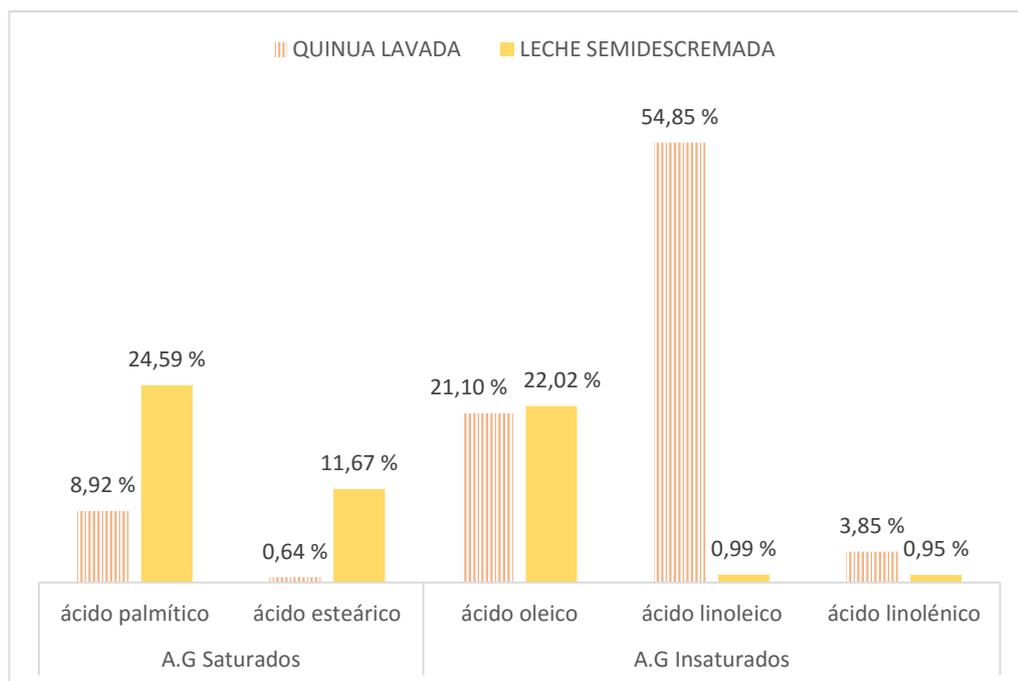
Los datos de viscosidad aparente de las tres formulaciones de leche fermentada con quinua lavada se obtuvieron durante la fermentación y en el almacenamiento. En la fermentación se midió cada 45 min a 42 °C hasta alcanzar el pH óptimo; y en el almacenamiento por 21 días a 4 °C y se realizó el análisis estadístico.

La determinación del perfil de ácidos grasos y la viscosidad aparente se realizaron mediante la metodología previamente descrita, obteniendo los siguientes resultados.

### **4.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS**

#### **4.1.1 MATERIA PRIMA**

Se extrajo 5 ml de grasa de la quinua y de la leche, de los cuales se tomó 0.05 g para la determinación del perfil de ácidos grasos mostrados en la Figura 5.



**Figura 5.** Ácidos grasos saturados e insaturados en materia prima.

La quinua contiene mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados (58.7 %) que la leche semidescremada (1.94 %). De manera contraria sucede con los ácidos grasos saturados, los cuales predominan en la leche semidescremada (36.26 %). Por otro lado, el contenido de ácido oleico es aproximado para ambas materias primas. Los datos obtenidos en la leche están dentro de los rangos porcentuales establecidos por Jensen (2002); sin embargo, los datos obtenidos por Villacrés (2013) para el perfil graso de la quinua lavada difieren en el contenido de ácido palmítico y oleico, ya que Villacrés reporta 10.28 % y 24.66 % respectivamente.

En la quinua se destaca el contenido de ácido linoleico, ya que representa más del 50 % de su contenido graso, este resultado concuerda con las investigaciones realizadas por Peralta (2009) y Villacrés (2013).

#### 4.1.2 LECHE FERMENTADA CON QUINUA LAVADA

Se elaboraron tres formulaciones de leche fermentada adicionando 2.5, 5 y 7.5 por ciento de quinua respectivamente, luego fueron almacenadas por 21 días y cada 7 días se extrajo 5 ml de grasa, de los cuales se tomaron 0.05 g y se analizó el perfil de ácidos grasos.

Los datos obtenidos en las leches fermentadas en el día 1 se analizaron junto al perfil de ácidos grasos de la leche, el cual fue considerado como control, ya que investigaciones han demostrado que el perfil de la leche no varía significativamente durante la fermentación (Rao y Reddy, 1984). Estos datos se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Perfil de ácidos grasos en las formulaciones realizadas

		Porcentaje de Quinua			
		Control	2.5	5	7.5
Palmítico	Tukey $\alpha=0.05$ = 1.82	24.60 <sup>ab</sup> ± 0.32	23.32 <sup>ab</sup> ± 0.37	24.95 <sup>b</sup> ± 0.21	22.91 <sup>a</sup> ± 0.20
Esteárico	Tukey $\alpha=0.05$ = 1.10	11.67 <sup>b</sup> ± 0.67	11.50 <sup>b</sup> ± 0.04	12.12 <sup>b</sup> ± 0.35	10.14 <sup>a</sup> ± 0.06
Oleico	Tukey $\alpha=0.05$ = 2.16	22.02 <sup>a</sup> ± 0.28	24.31 <sup>b</sup> ± 0.23	25.55 <sup>b</sup> ± 0.74	20.90 <sup>a</sup> ± 0.14
Linoleico	Tukey $\alpha=0.05$ = 2.03	0.99 <sup>a</sup> ± 0.26	3.18 <sup>b</sup> ± 0.95	5.62 <sup>c</sup> ± 0.16	6.46 <sup>c</sup> ± 0.05
Linolénico	Tukey $\alpha=0.05$ = 2.16	1.96 <sup>a</sup> ± 0.03	0.99 <sup>a</sup> ± 0.13	1.05 <sup>a</sup> ± 0.17	1.17 <sup>a</sup> ± 0.02

\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada fila

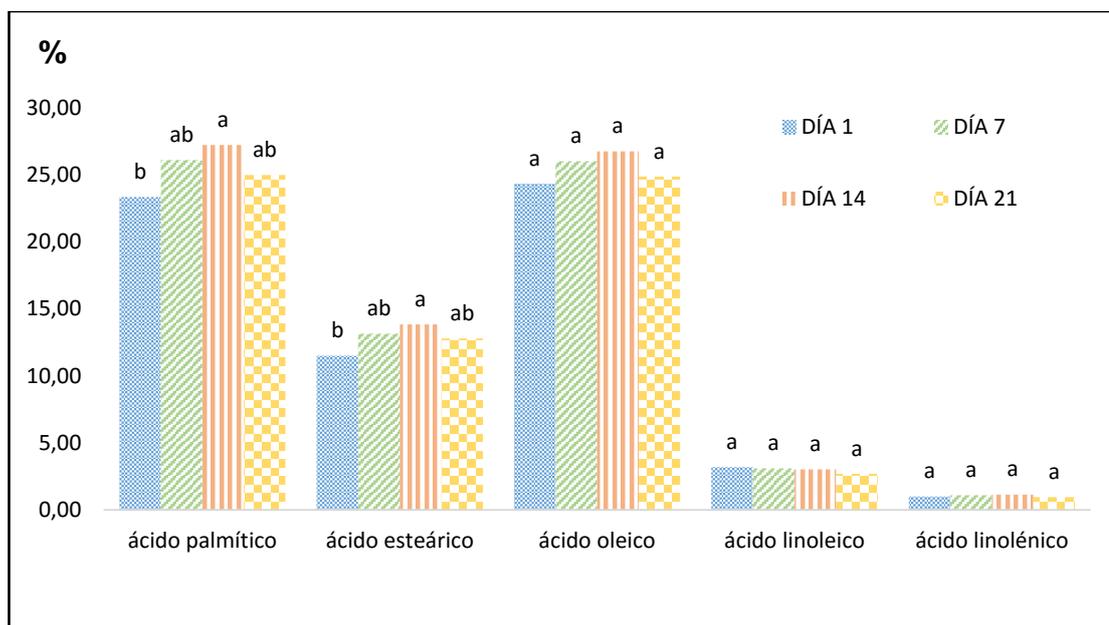
\*Valores (%) promedio (n=2) ± desviación estándar

La adición de quinua en la leche fermentada incrementó el porcentaje de ácido linoleico significativamente ( $P < 0.05$ ), haciendo pasar de un 0.99 % a un 3.18, 5.62 y 6.46 por ciento para las formulaciones de 2.5, 5 y 7.5 por ciento de quinua respectivamente. Por otro lado, el contenido de ácido palmítico y esteárico en las leches fermentadas con 2.5 y 5 por ciento de quinua son estadísticamente iguales al presente la muestra control, por el contrario la formulación con 7.5 % de quinua disminuye.

El ácido oleico aumenta significativamente en comparación a la muestra control cuando se añade quinua, exceptuando por la última formulación (7.5 % de quinua) cuyo valor es estadísticamente igual a la muestra control. El ácido oleico es el segundo ácido predominante en la quinua, por lo que su incremento en la leche fermentada es proporcional al porcentaje de quinua añadida.

La formulación con 7.5 % de quinua presenta, en su mayoría, valores que se alejan de la tendencia de los datos presentados por las formulaciones con 2.5 % y 5 % de quinua, por lo cual se presume que pudo existir un error humano en la toma de muestra o en la preparación de la misma.

La determinación del perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento a 4 °C se lo realizó cada 7 días por 21 días para cada formulación de leche fermentada. Los valores obtenidos para la formulación con 2.5 % de quinua se presenta a continuación (Figura 6);



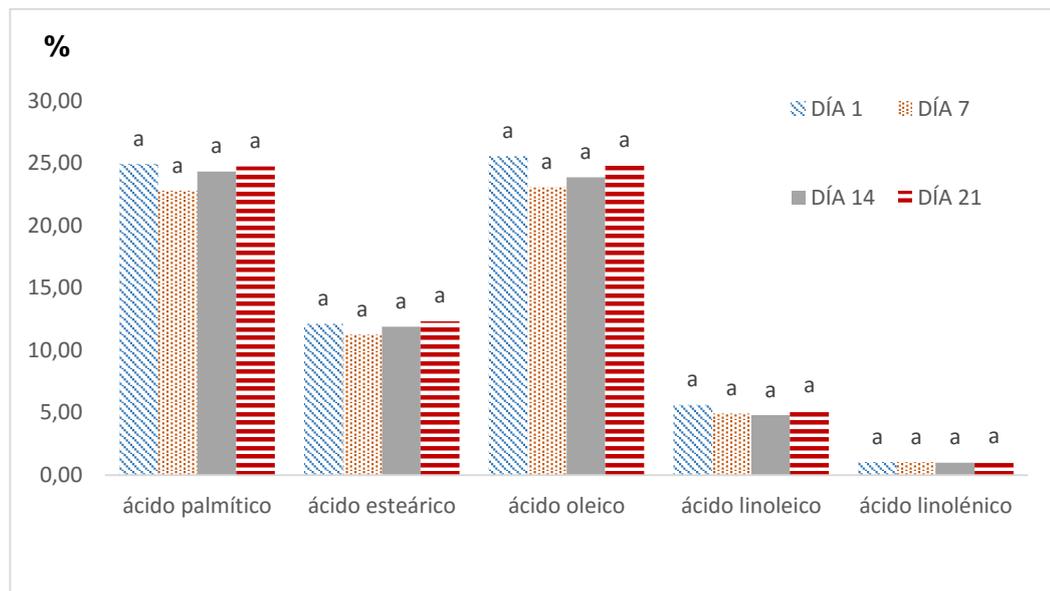
\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada ácido graso

\*Valores porcentuales promedio (n=2)

**Figura 6.** Perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento en leche fermentada con 2.5 % de quinua lavada.

La leche fermentada con adición de 2.5 % de quinua lavada presenta un incremento estadístico en el ácido palmítico y esteárico entre el día 1 y 14 de almacenamiento; sin embargo cabe enfatizar que aumentan un 3.88 % y 2.33 %, señalando un cambio moderado ( $P_1$  0.042 y  $P_2$  0.020 respectivamente).

Por su parte, en la leche fermentada con 5 % de quinua lavada no existieron diferencias significativas para ningún ácido graso durante el almacenamiento, tal como indica la Figura 7.

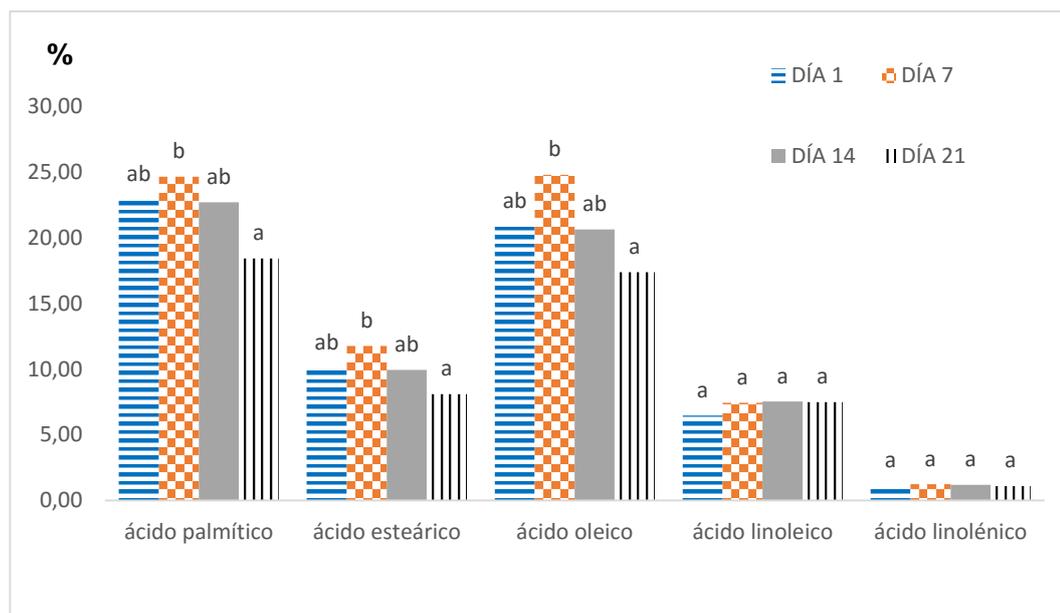


\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada ácido graso

\*Valores porcentuales promedio (n=2)

**Figura 7.** Perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento en leche fermentada con 5 % de quinua lavada.

En contraste, el ácido palmítico, esteárico y oleico de la formulación con 7.5 % de quinua muestra un aumento durante los 7 primeros días de almacenamiento y a partir de ese día empiezan a descender significativamente hasta el día 21 de almacenamiento (Figura 8).



\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada ácido graso

\*Valores (%) promedio (n=2)

**Figura 8.** Perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento en leche fermentada con 7.5 % de quinua lavada.

Los ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) tienden a disminuir, aun así, mientras contiene menos quinua la disminución es menor, tanto así que en la formulación con 2.5 % se aprecia un ligero aumento. Este comportamiento es contrario al reportado por Serafeimidou et. al (2013), quien al analizar leche fermentada simple observa aumento en la cantidad de ácidos grasos saturados, pudiendo deducir que el comportamiento contrario que presenta este estudio se debe a la acción de los ácidos grasos de la quinua.

En cuanto al ácido linolénico y linoleico no cambia estadísticamente durante el almacenamiento, concordando con los resultados obtenidos por Dave et. al (2002). Es importante mencionar que Rao et. al (1984) menciona que los ácidos grasos no suelen tener cambios antes de las primeras 48 horas de almacenamiento y dicha afirmación se constata en los datos obtenidos.

Se cree que los cambios dados en el porcentaje de cada ácido graso durante el almacenamiento se debe a procesos de lipólisis, la cual se puede dar por

pH neutros o ácidos y a temperaturas bajas en el almacenamiento (Serafeimidou et, al, 2013). Como producto de la lipólisis se generan ácidos grasos libres, lo cuales pueden mantenerse como compuestos libres no esterificados o generar nuevos triglicéridos (González, 2010). El incremento de los ácidos grasos libres se da por naturaleza enzimática, y las bajas temperaturas de almacenamiento reducen la velocidad de la hidrólisis más no la detienen (Zhout et. al, 2001)

Adicionalmente, se analizó estadísticamente las interacciones entre el porcentaje de quinua adicionada a la leche fermentada y los días que estuvo almacenada. La comparación de medias de dicha interacción se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Comparación de medias para el perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento

		ÁCIDOS GRASOS				
		Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
% QL	Almac (Días)	Tukey $\alpha=0.05 = 3.87$	Tukey $\alpha=0.05 = 1.92$	Tukey $\alpha=0.05 = 3.80$	Tukey $\alpha=0.05 = 1.92$	Tukey $\alpha=0.05 = 0.40$
2.5	1	23.32 <sup>b</sup> ± 0.37	11.50 <sup>bcd</sup> ± 0.04	24.31 <sup>ab</sup> ± 0.23	3.18 <sup>def</sup> ± 0.95	0.99 <sup>a</sup> ± 0.13
2.5	7	26.07 <sup>ab</sup> ± 1.64	13.13 <sup>ab</sup> ± 0.83	25.98 <sup>a</sup> ± 1.72	3.08 <sup>def</sup> ± 0.24	1.09 <sup>a</sup> ± 0.09
2.5	14	27.20 <sup>a</sup> ± 0.30	13.83 <sup>a</sup> ± 0.02	26.73 <sup>a</sup> ± 0.01	3.01 <sup>ef</sup> ± 0.12	1.15 <sup>a</sup> ± 0.06
2.5	21	24.95 <sup>ab</sup> ± 0.50	12.78 <sup>ab</sup> ± 0.04	24.84 <sup>a</sup> ± 0.12	2.69 <sup>f</sup> ± 0.36	0.95 <sup>a</sup> ± 0.12
5	1	24.94 <sup>ab</sup> ± 0.21	12.12 <sup>ab</sup> ± 0.35	25.54 <sup>a</sup> ± 0.74	5.62 <sup>bc</sup> ± 0.16	1.05 <sup>a</sup> ± 0.17
5	7	22.78 <sup>b</sup> ± 1.69	11.25 <sup>bcd</sup> ± 0.53	23.06 <sup>ab</sup> ± 1.13	4.94 <sup>cd</sup> ± 0.25	1.05 <sup>a</sup> ± 0.05
5	14	24.32 <sup>ab</sup> ± 0.36	11.88 <sup>bc</sup> ± 0.12	23.85 <sup>ab</sup> ± 0.57	4.80 <sup>cde</sup> ± 0.48	1.00 <sup>a</sup> ± 0.10
5	21	24.74 <sup>ab</sup> ± 0.15	12.33 <sup>ab</sup> ± 0.17	24.79 <sup>a</sup> ± 0.91	5.16 <sup>c</sup> ± 0.01	1.10 <sup>a</sup> ± 0.00
7.5	1	22.90 <sup>b</sup> ± 0.20	10.13 <sup>cd</sup> ± 0.06	20.90 <sup>bc</sup> ± 0.14	6.46 <sup>abc</sup> ± 0.05	1.17 <sup>a</sup> ± 0.02
7.5	7	24.65 <sup>ab</sup> ± 0.29	11.76 <sup>bcd</sup> ± 0.06	24.79 <sup>a</sup> ± 0.11	7.45 <sup>ab</sup> ± 0.89	1.25 <sup>a</sup> ± 0.15
7.5	14	22.70 <sup>b</sup> ± 1.80	9.95 <sup>de</sup> ± 1.17	20.62 <sup>bc</sup> ± 2.00	7.55 <sup>a</sup> ± 0.65	1.21 <sup>a</sup> ± 0.11
7.5	21	18.41 <sup>c</sup> ± 1.33	8.11 <sup>e</sup> ± 0.52	17.37 <sup>c</sup> ± 0.99	7.49 <sup>ab</sup> ± 0.37	1.11 <sup>a</sup> ± 0.07

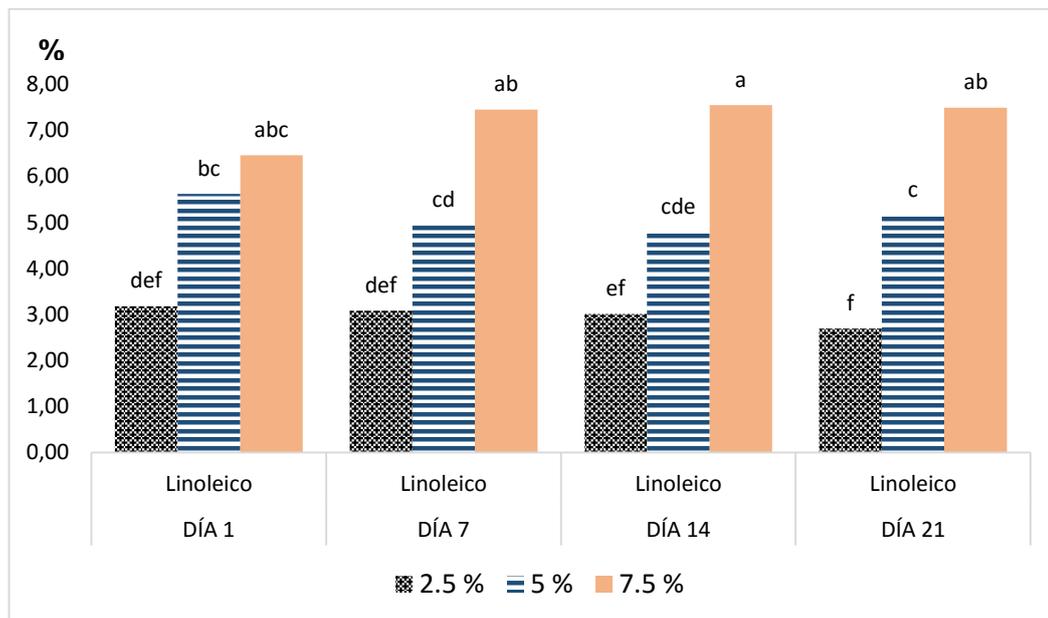
\*Letras diferentes denotan diferencia estadística para la interacción (%QL\*Almacenamiento) en cada columna

\*Valores porcentuales promedio (n=2) ± desviación estándar

En la Tabla 6 sobresale un aspecto importante, que es el bajo contenido de ácidos palmítico, esteárico y oleico que presenta la formulación con 7.5 % de quinua para el día 21 de almacenamiento en relación al resto de valores, lo

cual puede deberse a un error humano en la toma de muestra o preparación de la misma. Contrario a este comportamiento, vemos que el ácido linoleico y linolénico aumentan, esto se atribuye a la quinua, ya que su mayor aporte radica en estos ácidos grasos.

En la Figura 9 se extrajo de la Tabla 6 los valores del ácido linoleico para visualizar de mejor manera el aumento que se da conforme aumenta la cantidad de quinua añadida.



\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada ácido graso

\*Valores porcentuales promedio (n=2)

**Figura 9.** Ácido linoleico en las leches fermentadas con quinua durante el almacenamiento.

Se observa (Figura 9) un aumento estadístico entre la leche fermentada con 2.5 % de quinua y la de 7.5 % de quinua durante todo el almacenamiento, siendo aún más visible la diferencia a partir del día 7. Por su parte, el ácido linoleico en la leche fermentada con 5 % de quinua es estadísticamente igual a la formulación con 7.5 % de quinua para el día 1, sin embargo, a partir del día 7 su aumento es significativo.

## 4.2 VISCOSIDAD APARENTE

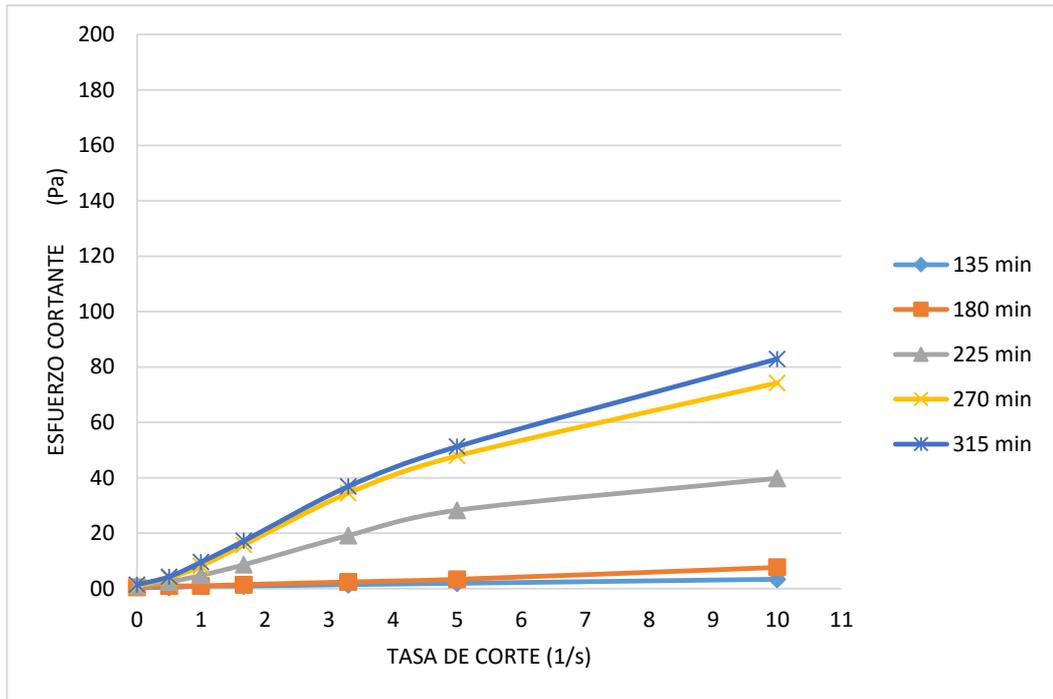
### 4.2.1 VISCOSIDAD APARENTE EN LA FERMENTACIÓN

Primero se obtuvo los datos de esfuerzo cortante de las tres formulaciones de leche fermentada y la muestra control, medidas cada 45 min a 42 °C hasta llegar al pH de 4.6. Los datos obtenidos fueron transformados al Sistema Internacional y se realizaron las curvas de viscosidad, que relacionan ambas variables. Dichos datos y gráficas se encuentran a continuación (Tabla 7 a 10 y Figura 10 a 13).

**Tabla 7.** Esfuerzo cortante durante la fermentación de la muestra control

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de fermentación				
	135 min	180 min	225 min	270 min	315 min
10	3.4	7.7	39.8	74.2	82.9
5	1.9	3.4	28.3	47.9	51.3
3.3	1.4	2.4	19.2	34.5	36.9
1.67	1	1.4	8.6	15.8	17.2
1	1	1	4.8	8.1	9.6
0.5	0.5	1	2.4	3.8	4.3
0.05	0.5	0.5	1	1	1.4

\*Valores (Pa) promedio (n=2)

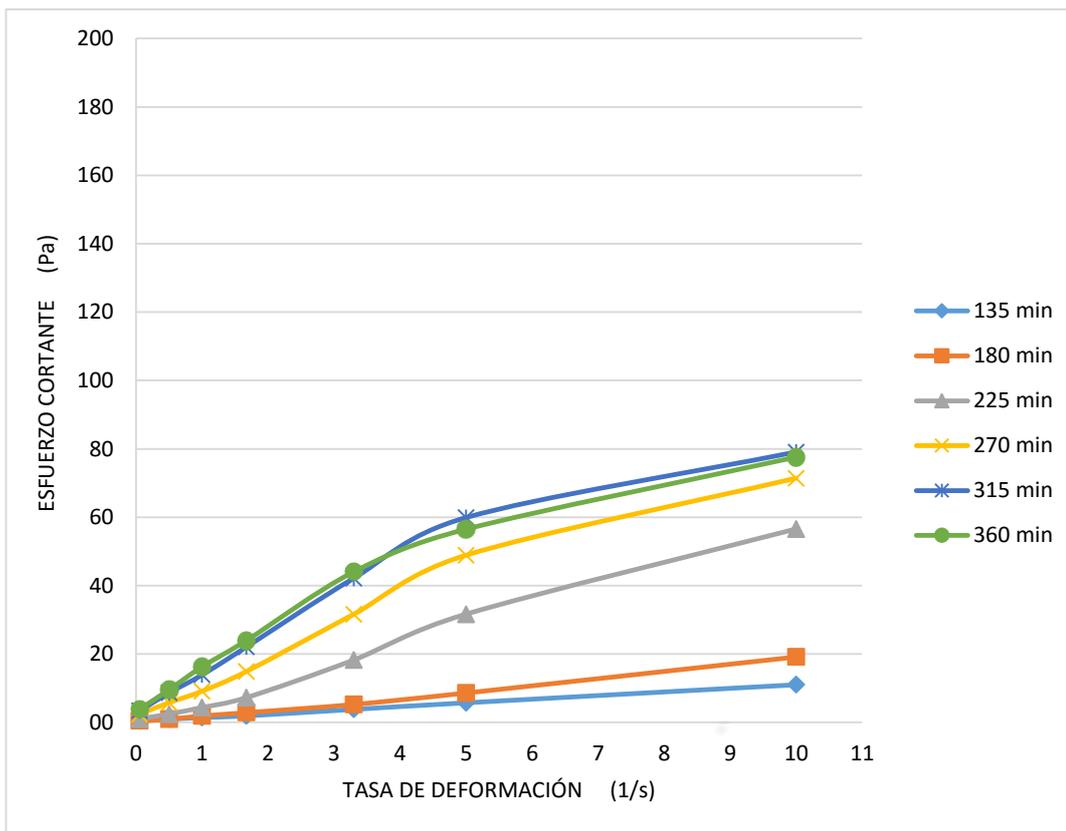


**Figura 10.** Curvas de viscosidad durante la fermentación de la muestra control

**Tabla 8.** Esfuerzo cortante durante la fermentación en leche fermentada con 2.5 % de quinua

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de fermentación					
	135 min	180 min	225 min	270 min	315 min	360 min
10	11	19.2	56.5	71.4	79	77.6
5	5.7	8.6	31.6	48.9	59.9	56.5
3.3	3.8	5.3	18.2	31.6	42.2	44.1
1.67	1.9	2.9	7.2	14.8	22	24
1	1.4	1.9	4.3	9.1	13.9	16.3
0.5	1	1	2.4	5.7	8.6	9.6
0.05	0.5	0.5	1	2.4	3.4	3.8

\*Valores (Pa) promedio (n=2)

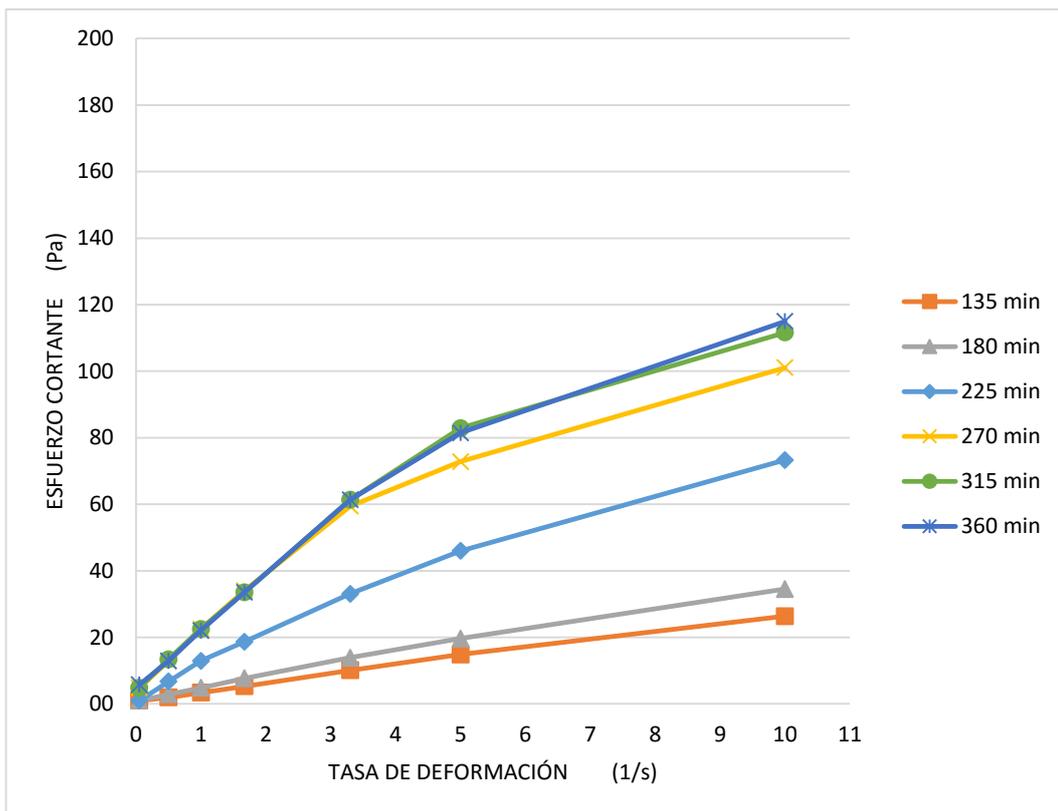


**Figura 11.** Curvas de viscosidad durante la fermentación en leche fermentada con 2.5 % de quinua

**Tabla 9.** Esfuerzo cortante durante la fermentación en leche fermentada con 5 % de quinua

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de fermentación					
	135 min	180 min	225 min	270 min	315 min	360 min
10	26.3	34.5	73.3	101.1	111.6	115
5	14.8	19.6	46	72.8	81.4	81.4
3.3	10.1	13.9	33.1	59.4	61.3	61.3
1.67	5.3	7.7	18.7	34	33.5	33.5
1	3.4	4.8	12.9	22.5	22.5	22
0.5	1.9	2.9	6.7	12.9	13.4	12.9
0.05	1	1	1	4.8	4.8	5.7

\*Valores (Pa) promedio (n=2)

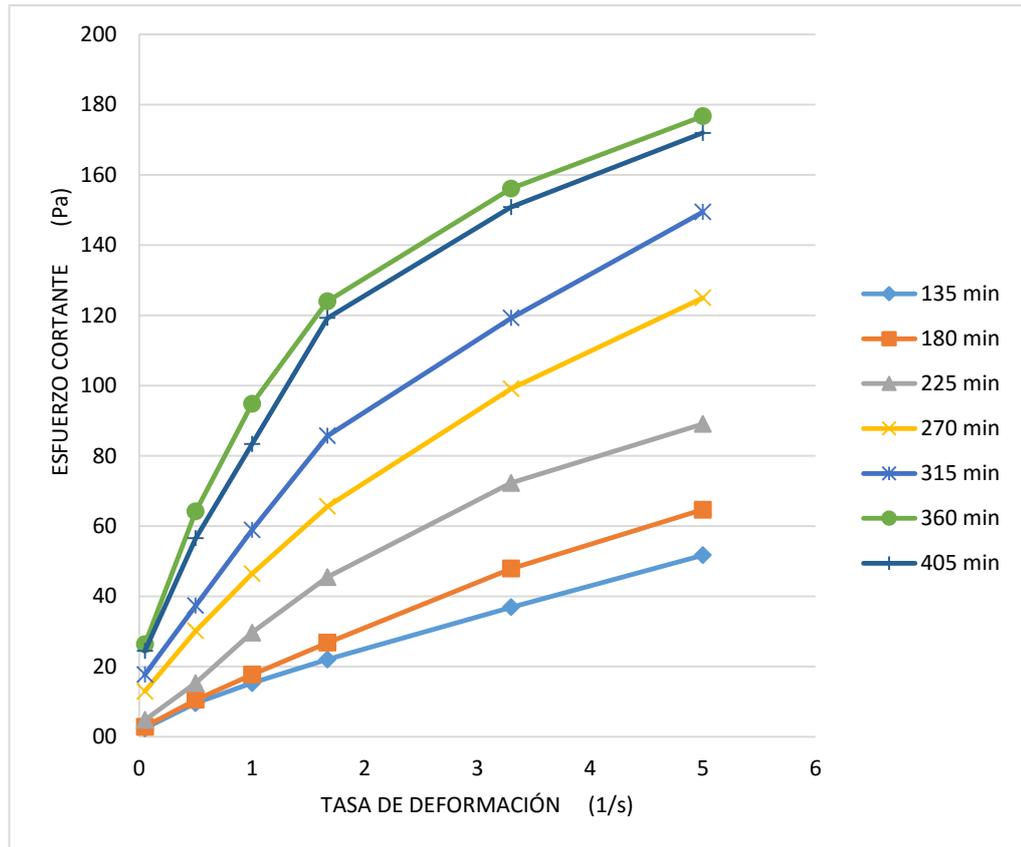


**Figura 12.** Curvas de viscosidad durante la fermentación en leche fermentada con 5 % de quinua

**Tabla 10.** Esfuerzo cortante durante la fermentación en leche fermentada con 7.5 % de quinua

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de fermentación					
	135 min	180 min	225 min	270 min	315 min	360 min
5	11	19.2	56.5	71.4	79	77.6
3.3	5.7	8.6	31.6	48.9	59.9	56.5
1.67	3.8	5.3	18.2	31.6	42.2	44.1
1	1.9	2.9	7.2	14.8	22	24
0.5	1.4	1.9	4.3	9.1	13.9	16.3
0.05	2.4	2.9	4.8	12.9	17.7	26.3
0.05	1	1	1	4.8	4.8	5.7

\*Valores (Pa) promedio (n=2)



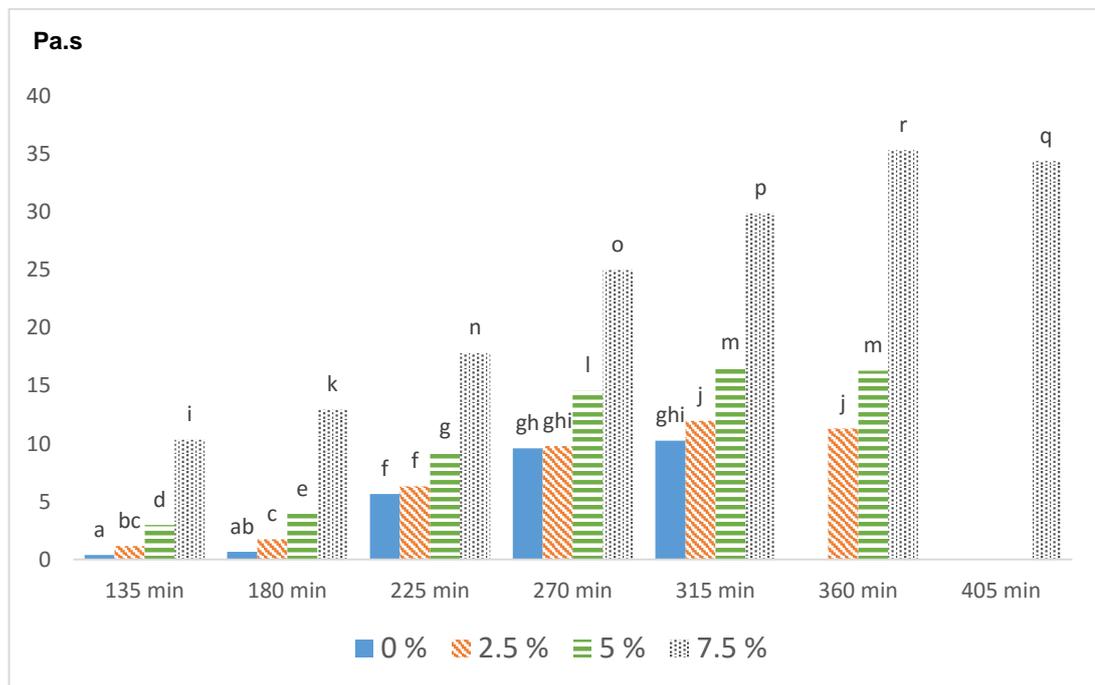
**Figura 13.** Curvas de viscosidad durante la fermentación en leche fermentada con 7.5 % de quinua

El comportamiento del fluido mostrado en las Figuras 10, 11 y 12 es característico de un fluido no newtoniano pseudoplástico; Pasephol et al. (2008) encontró un comportamiento de fluido similar al del presente trabajo al añadir inulina a leche fermentada y en su muestra control y lo describió igualmente como un comportamiento pseudoplástico. La característica de este comportamiento es que en un punto determinado comienza a disminuir conforme aumenta la tasa de corte (Chiralt et al., 2007).

Por otro lado la Figura 13 indica un comportamiento no-newtoniano tipo plástico real, esto quiere decir que su esfuerzo cortante inicial será mayor a cero. La razón de este comportamiento puede deberse a la adición de quinua que provoca un aumento en la viscosidad aparente por su alto contenido de

fibra, esto hace que el esfuerzo cortante inicial deba ser mayor; un resultado parecido obtuvo Arrigoni et al. (2015).

Una vez definido que el comportamiento del fluido es no-newtoniano se calculó la viscosidad aparente para todas las formulaciones a una tasa de corte de  $5 \text{ s}^{-1}$  (300 rpm), determinando los valores presentados en el Anexo III; en base a estos valores se realizó la comparación de medias, mostrados en la Figura 14.



\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada ácido graso

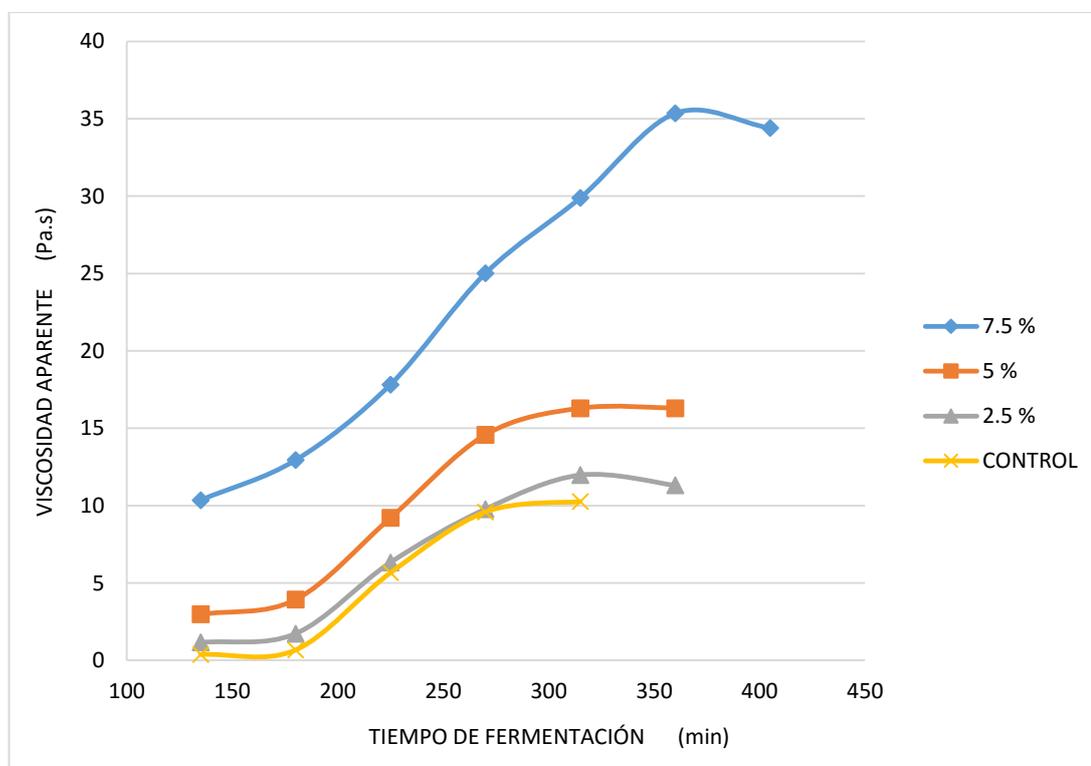
\*Valores (Pa.s) promedio (n=2)

**Figura 14.** Viscosidad aparente durante la fermentación

La viscosidad aparente aumenta en todas las formulaciones conforme avanza el tiempo de fermentación. Las leches fermentadas con adición de quinua presentan aumentos estadísticos durante todo el proceso fermentativo, en cambio la leche fermentada control y con 2.5 por ciento de quinua denotan un aumento estadístico a partir del minuto 180 de fermentación y sus valores son estadísticamente iguales en el minuto 225 y 270.

Se observa, además, que en el último intervalo de tiempo, la viscosidad aparente disminuye. Este comportamiento puede ser ocasionado por la sinéresis, ya que cuando el pH del gel formado durante la fermentación se aproxima al punto isoeléctrico de la proteína se produce expulsión de agua retenida (UNAD, 2015).

De igual manera se aprecia una diferencia estadística entre las formulaciones al finalizar la fermentación. La muestra que presenta mayor media de viscosidad aparente es leche fermentada con 7.5 % de adición de quinua lavada, seguida por leche fermentada con 5 % de adición, luego la de 2.5 % y finalmente la muestra control, este cambio se evidencia con mayor claridad en la Figura 15. La variación en la viscosidad está dada principalmente por la cantidad de sólidos totales agregados a la leche fermentada al haber adicionado harina de quinua lavada, como indican Tamime et al. (1980) , quien asegura que tienen una relación directamente proporcional.



**Figura 15.** Curvas de viscosidad aparente durante el tiempo de fermentación

En la Figura 15 adicionalmente se distingue que conforme aumenta la cantidad adicionada de quinua, la leche fermentada tarda más tiempo en llegar al pH óptimo, esto se debe a que la cantidad de sólidos totales afecta la acidez titulable debido a la acción buffer de las proteínas, fosfatos, citratos y otros constituyentes de la leche. Un incremento en los sólidos totales causa un incremento en la acidez titulable y reduce el tiempo de coagulación (Tamime et al., 1980).

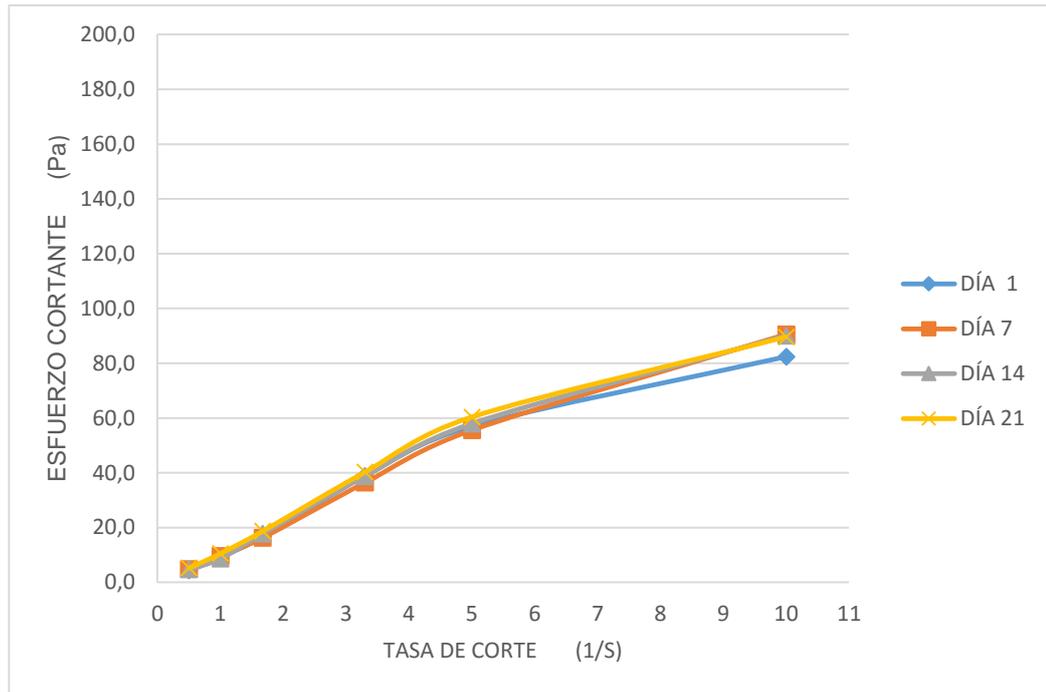
#### 4.2.2 VISCOSIDAD APARENTE DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Las leches fermentadas con quinua y la muestra control fueron almacenadas a 4 °C y se midió el esfuerzo cortante para seis tasas de corte cada 7 días (Tablas 11, 12, 13 y 14) y se graficaron las curvas de viscosidad respectivas (Figura 16, 17, 18 y 19).

**Tabla 11.** Esfuerzo cortante en el almacenamiento de la muestra control

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de almacenamiento			
	DÍA 1	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
10	82.4	90.5	90.1	89.6
5	57.0	55.6	58.0	60.4
3.3	38.8	36.4	38.8	40.2
1.67	16.8	16.3	17.7	18.7
1	9.1	9.6	8.6	10.5
0.5	4.3	4.8	4.8	5.3
0.05	1.0	1.0	1.4	1.4

\*Valores (Pa) promedio (n=2)

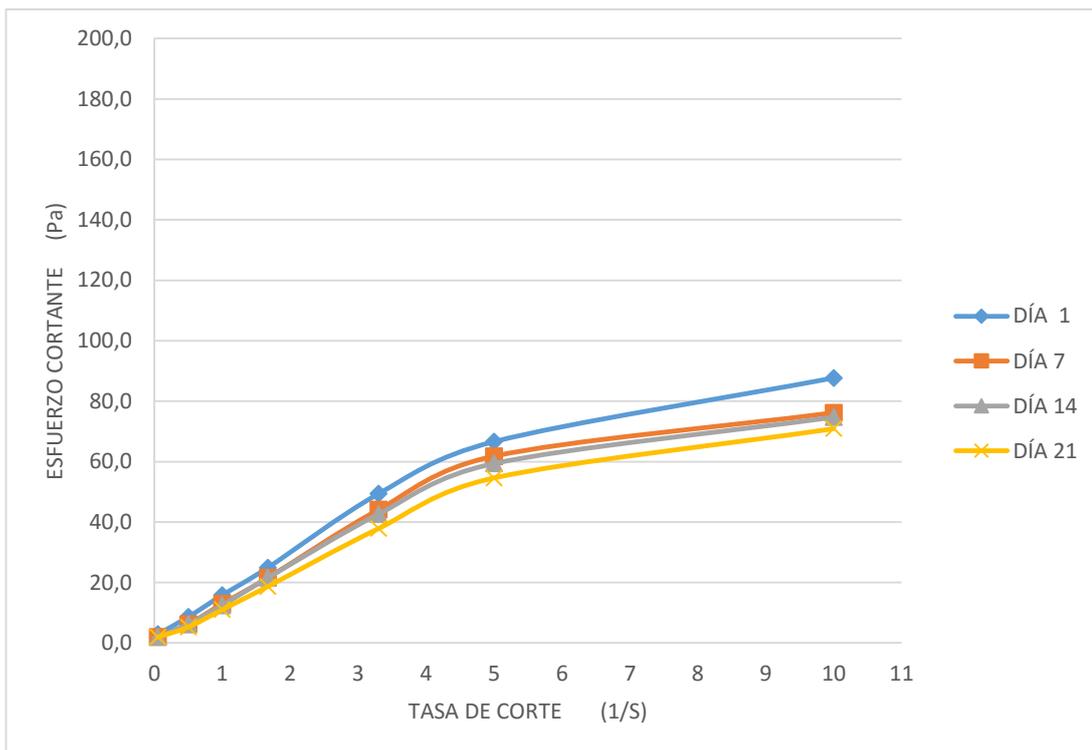


**Figura 16.** Curvas de viscosidad en el almacenamiento de la muestra control.

**Tabla 12.** Esfuerzo cortante en el almacenamiento de leche fermentada con 2.5 % de quinua

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de almacenamiento			
	DÍA 1	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
10	87.7	76.2	74.7	70.9
5	66.6	61.8	59.4	54.6
3.3	49.3	44.1	42.6	37.8
1.67	24.9	21.6	21.6	18.7
1	15.8	12.9	12.5	11.0
0.5	8.6	6.2	6.2	5.3
0.05	2.9	1.9	1.9	1.9

\*Valores (Pa) promedio (n=2)

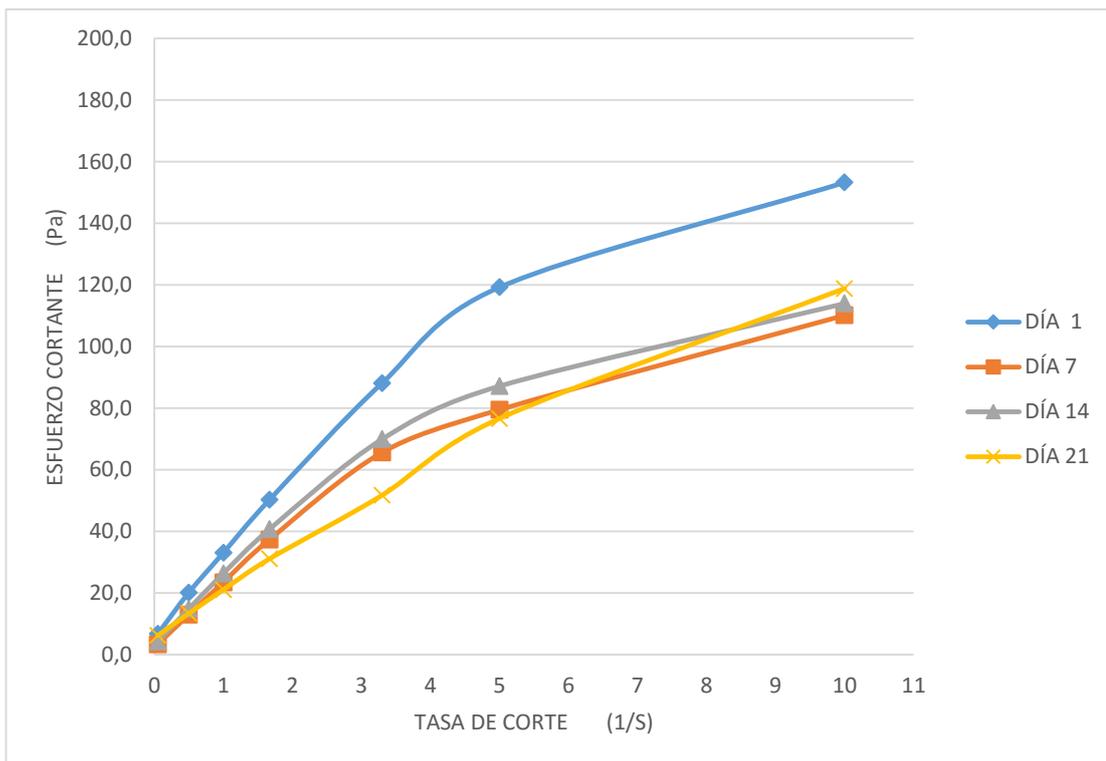


**Figura 17.** Curvas de viscosidad en el almacenamiento de leche fermentada con 2.5 % de quinua

**Tabla 13.** Esfuerzo cortante en el almacenamiento de leche fermentada con 5 % de quinua

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de almacenamiento			
	DÍA 1	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
10	153.3	110.2	114.0	118.8
5	119.3	79.5	87.2	76.6
3.3	88.1	65.6	69.9	51.7
1.67	50.3	37.4	40.7	31.1
1	33.1	23.5	26.3	21.1
0.5	20.1	12.9	14.8	13.4
0.05	6.7	3.4	4.3	6.2

\*Valores (Pa) promedio (n=2)

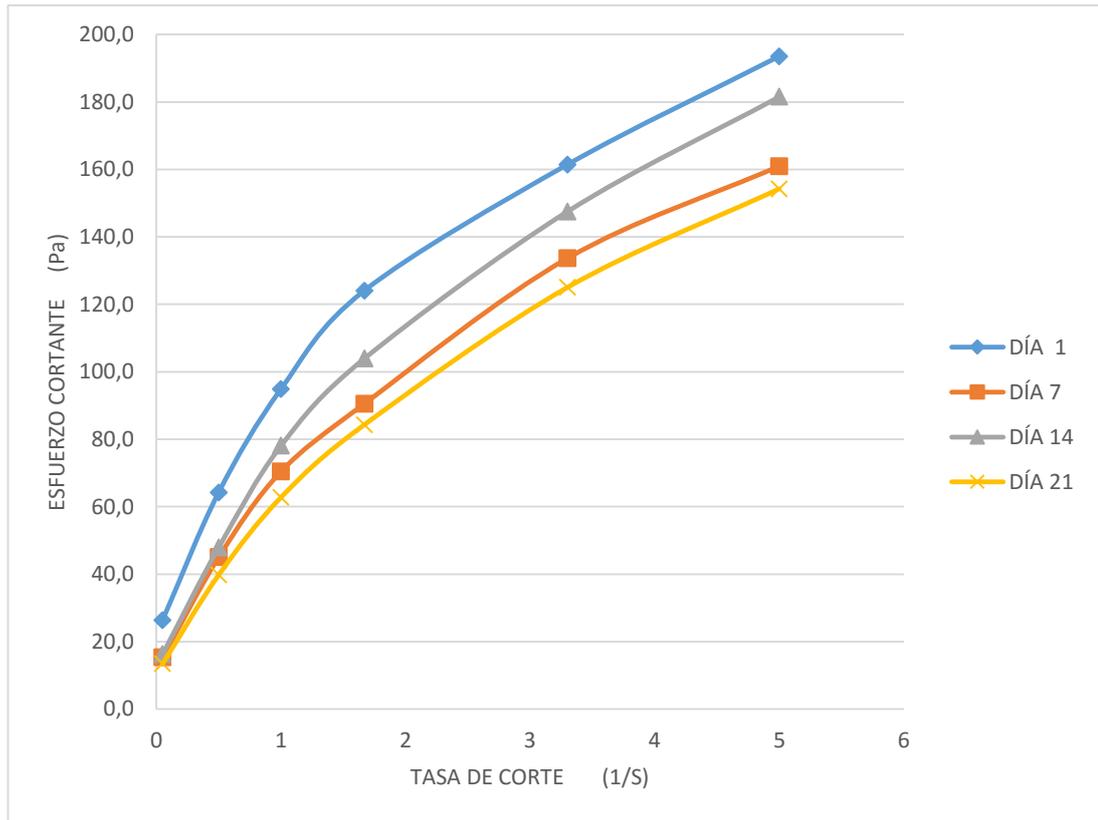


**Figura 18.** Curvas de viscosidad en el almacenamiento de leche fermentada con 5 % de quinua

**Tabla 14.** Esfuerzo cortante en el almacenamiento de leche fermentada con 7.5 % de quinua

Tasa de Corte (1/s)	Tiempo de almacenamiento			
	DÍA 1	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
5	193.5	160.9	181.5	154.2
3.3	161.4	133.6	147.5	125.0
1.67	124.1	90.5	103.9	84.3
1	94.8	70.4	78.1	62.7
0.5	64.2	45.0	47.9	39.8
0.05	26.3	15.3	16.3	13.4

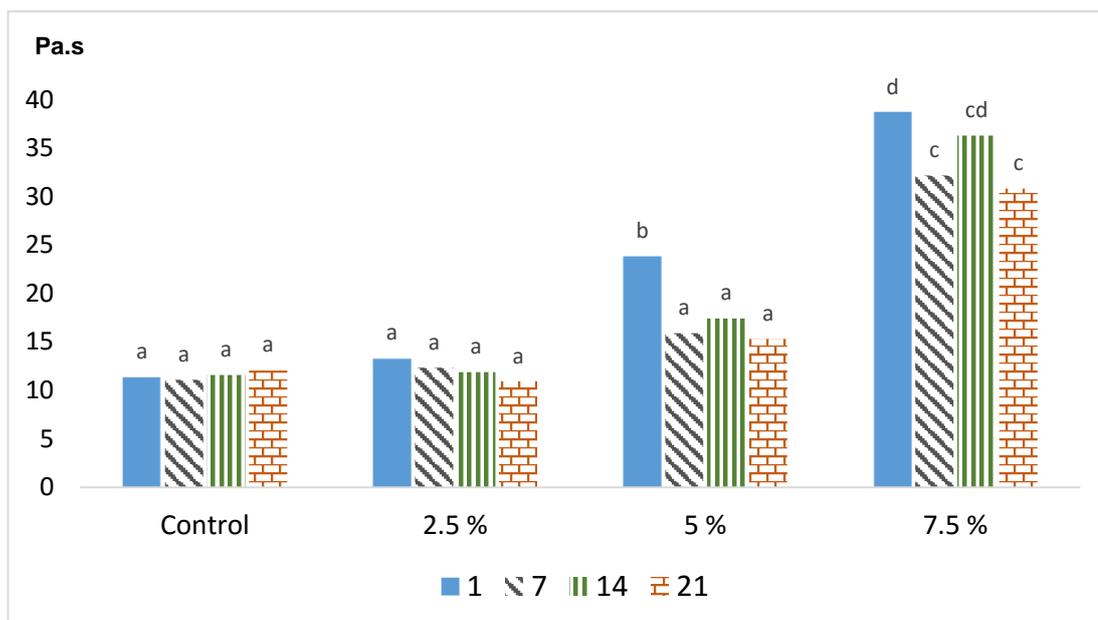
\*Valores (Pa) promedio (n=2)



**Figura 19.** Curvas de viscosidad en el almacenamiento de leche fermentada con 7.5 % de quinua

El comportamiento que presentan las curvas de viscosidad es no-newtoniano pseudoplástico para la muestra control y las formulaciones con 2.5 % y 5 % de quinua; y no-newtoniano plástico real en la formulación con 7.5 %, esto indica que el comportamiento que presenta es igual al mostrado durante la fermentación.

Al tener un comportamiento no-newtoniano se determinó la viscosidad aparente de cada formulación durante 21 días de almacenamiento, como se visualiza en la Figura 20, la cual está basada en los datos del ANEXO IV.



\*Letras diferentes denotan diferencia significativa en cada ácido graso  
 \*Valores (Pa.s) promedio (n=2)

**Figura 20.** Viscosidad aparente de leche fermentada durante el almacenamiento.

En la Figura 20 se aprecia que la viscosidad disminuye durante el almacenamiento en todos los tratamientos con adición de quinua lavada, sin embargo la única que lo hace de forma significativa es la formulación con 7.5 % de quinua lavada.

La muestra control es estadísticamente igual a las formulaciones con 2.5 y 5 por ciento de quinua, exceptuando en el día 1 de la formulación con 5 %, no obstante, para el día 7 disminuye significativamente, siendo nuevamente estadísticamente igual a la muestra control. En contraste, la leche fermentada con 7.5 % de quinua es significativamente diferente al resto de formulaciones.

Los resultados obtenidos son acordes con los de Arrigoni (2015) y Lodoño et al. (2008) quienes estudiaron la viscosidad durante el almacenamiento de leche fermentada con harina de maca y bebida fermentada de suero de queso fresco respectivamente, concluyendo que durante el almacenaje la viscosidad tiende a disminuir, la misma que puede estar asociada a la solubilidad de

proteínas por pH bajos o por efecto de sinéresis. Asimismo, el descenso en la viscosidad puede deberse al daño mecánico que ha sufrido la estructura de la leche fermentada al ser batido antes de su almacenamiento (A. Tamime & Deeth, 1980).

El aumento en la viscosidad aparente conforme aumenta el porcentaje de quinua lavada, tanto en la fermentación como en el almacenamiento, tienen concordancia con el estudio realizado por Velez et al. (2004) donde concluyen que la viscosidad aumenta conforme se adicione fibra. En el caso del presente estudio la quinua variedad INIAP Tunkahuan presenta un 16 % de proteína y 5.5 % de fibra, afectando así la viscosidad aparente en cada formulación de leche fermentada.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La quinua presenta un mayor contenido de ácidos grasos insaturados, predominando el ácido linoleico; en contraste, la leche semidescremada presenta un mayor contenido de ácido palmítico, seguido por el ácido oleico.
- La adición de quinua en la leche fermentada incrementó el porcentaje de ácido linoleico y oleico significativamente en todas las leches fermentadas con quinua en comparación a la muestra control.
- Durante el almacenamiento los ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) tienden a disminuir en todas las formulaciones. En cuanto al ácido oleico, linoleico y linolénico se observa que no presentan cambios estadísticos.
- La viscosidad aparente aumenta durante el tiempo de fermentación y se evidencia que a mayor adición de quinua existe una mayor viscosidad.
- La formulación con 7.5 % de quinua presenta una diferencia significativa en su viscosidad aparente en relación a las formulaciones restantes durante la fermentación, teniendo el valor más alto.
- La viscosidad aparente de la leche fermentada control y leches fermentadas con 2.5 y 5 por ciento de quinua no presentaron diferencias estadísticas durante la fermentación; sin embargo, la leche fermentada con 7.5 % si lo hizo.

- Se determinó que todas las formulaciones de leche fermentada con quinua lavada presentan un comportamiento no-newtoniano de tipo pseudoplástico y plástico real.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un estudio comparando el perfil de ácidos grasos durante el almacenamiento de las tres formulaciones realizadas con la leche fermentada natural.
- Profundizar el estudio, considerando el efecto del tipo de cultivo iniciador utilizado en la fermentación sobre el perfil de ácidos grasos y textura.
- Realizar un estudio microbiológico de las tres formulaciones.
- Estudiar el efecto de la adición de grasa de quinua a la leche fermentada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- Alimentarius Codex (2003). Stan 243-2003. Norma del Codex para Leches Fermentadas.
- Almanza, F., y Barrera, E. (1995). Tecnología de Leches y Derivados. UNISUR.
- Allauca, G., y Jacqueline, L. (2013). Elaboración de un emulsionante cosmético a base de las saponinas del agua de lavado de quinua (*Chenopodium quinoa*) en ERPE.
- Arenas, C., Zapata, R., y Gutiérrez, C. (2012). Evaluación de la fermentación láctica de leche con adición de quinua (*Chenopodium quinoa*). *Vitae*, 19(1 Supl 1), S276-S278.
- Arrigoni, E. (2015). Efecto de la adición de harina de maca (*Lepidium meyenii*) y del tiempo de almacenamiento sobre la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Cervilla, N., Mufari, J., Calandri, E., y Guzmán, C. (2012). Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harinas de *Chenopodium quinoa* Willd cosechadas en distintos años y provenientes de la Provincia de Salta. *II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes*, 14-15.
- Chiralt, A., Martínez, N., González, C., Talens, P., y Moraga, G. (2007). Propiedades físicas de los alimentos. *Editorial Universidad Politécnica de Valencia*. España.
- Dave, R., Ramaswamy, N., y Baer, R. (2002). Changes in fatty acid composition during yogurt processing and their effects on yogurt and

- probiotic bacteria in milk procured from cows fed different diets. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57(3), 197
- Díaz, B., Sosa, M., y Vélez, J. (2004). Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogur. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 287-305.
- Early, R. (1998). Technology of dairy products. *Springer Science & Business Media*.
- FAO. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Santiago, Chile. 50p.
- FAO. (2014). Tendencias y Perspectivas del Comercio Internacional de Quinoa. 56.
- Frank, R., Smith, E., Braun, H., Holdrinet, M., y McWade, J. (1975). Organochlorine insecticides and industrial pollutants in the milk supply of the Southern Region of Ontario, Canada. *Journal of Milk and Food Technology (JMFT)*, 38(2), 65-72.
- Gómez, D., y Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1), 38-42.
- González J., Moreno, V., y del Monte, A. (2010). Las lipasas: enzimas con potencial para el desarrollo de biocatalizadores inmovilizados por adsorción interfacial. *Rev. Colomb. Biotechnol*, 12, 113-140.
- Hernández, R. (1997). Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 26, 55-62.
- Jensen, G. (2002). The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 295-350.

- Jolly, L., Vincent, S. J., Duboc, P., y Neeser, J. R. (2002). Exploiting exopolysaccharides from lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 82(1-4), 367-374
- Llerena, K. (2012). Utilización de Harina de Trigo y Quinoa para la Elaboración de Galletas, para los Niños del Parvulario de la ESPOCH.
- Lodoño, M., Sepúlveda, J., Monzón, A., y Parra, J. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 61(1), 4409-4421.
- Mainato, B., y Beatriz, N. (2011). Efecto de Diferentes Niveles de Harina de Quinoa en la Elaboración de una Bebida Protéica de Lactosuero.
- Mazón, N., Peralta, I., Rivera, M., Subía, G., y Villacrés, E. (2009). Investigación y desarrollo en granos andinos: chocho y quinoa un aporte a la seguridad y soberanía alimentaria de comunidades del Cantón Saquisilí, Cotopáxi, Ecuador.
- Melgarejo, H. (2014). Influencia del perfil de ácidos grasos de la leche de oveja sobre la calidad del yogur firme, evaluado a lo largo de la vida útil.
- Muñoz, M., Chavez, A., Roldan, J., Ledesma, J., Mendoza, E., Perez, F., y Chaparro, A. (1996). Tablas de valor nutritivo de los alimentos: de mayor consumo en México. Editorial Pax México
- Nieto, C., Vimos, C., Monteros, C., Caicedo, C. y Rivera, C. (1992). INIAP Ingapirca e INIAP Tunkahuan: dos variedades de quinoa de bajo contenido de saponina. *Programa de cultivos andinos, Estación experimental Santa Catalina, INIAP. Bol. Divul*, 228.
- Ojeda. (2010). Elaboración de yogurt a base de leche enriquecido con quinoa.
- Paseephol, T., Small, D. M., & Sherkat, F. (2008). Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Journal of Texture Studies*, 39(6), 617-634.

- Peralta, E. (2010). INIAP Tunkahuan, variedad mejorada de Quinoa de bajo contenido de saponina. *Plegable divulgativo*, (345).
- Peralta, I. (2009). La quinua en Ecuador. "Estado del arte".
- Pilosof, A., y Bartholomai, G. (2000). Caracterización funcional y estructural de proteínas. *Cyted-Eudeba*.
- Ramírez, J. (2006). Introducción a la Reología de los alimentos. Cali-Colombia: *Revista ReCiTeIA*.
- Rao, D., y Reddy, J. (1984). Effects of lactic fermentation of milk on milk lipids. *Journal of Food Science*, 49(3), 748-750.
- Schettino, B., Pérez, J., Gutiérrez, R., Vega, S., León, S., Faure, R., y Escobar, A. (2011). Análisis de la robustez en la determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa en leche de cabra. *Revista de Salud Animal*, 33(2), 83-89.
- Serafeimidou, A., Zlatanov, S., Kritikos G., y Tourianis, A. (2013). Change of fatty acid profile, including conjugated linoleic acid (CLA) content, during refrigerated storage of yogurt made of cow and sheep milk. *Journal of food composition and analysis*, 31(1), 24-30.
- Tamime, A., y Deeth, H. (1980). Yogurt: technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43(12), 939-977.
- Tamime, A., y Robinson, R. (2007). Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology. *Elsevier Science*.
- Trejo, A., Vargas, S., Hernández, A., y Rodríguez, R. (2014). Cinética de transformación de la leche a yogur natural usando *Lactobacillus johnsonii* (Lal) y *Streptococcus thermophilus*. *Química Hoy Chemistry Sciences*, 4(1), 7-11.
- UNAD (2015). Elaboración de productos fermentados – Yogurt.

- Vega, Y., Salvador, P., y Norma, G. (2004). Composición en triacilgliceroles de leche cruda proveniente del altiplano mexicano. *Agro sur*, 32(1), 59-67.
- Villacrés, E. (2013). Valor nutricional, funcional y potencial agroindustrial de la quinua en Ecuador. 52.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., y Blanchard, C. (2002). Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. *Journal of Cereal Science*, 35(1), 65-78.

**ANEXOS**

## **ANEXO I**

### **MÉTODO DEL DETERGENTE PARA EXTRACCIÓN DE GRASA**

1. Colocar 500 ml de muestra en un matraz volumétrico de 1000 ml y agregar 500 ml de una solución de detergente\*.
2. Posteriormente agitar vigorosamente por 5 minutos y colocar en baño maría a 90 °C, agitando cada 30 min, hasta que la grasa se separe.
3. Luego, enfriar hasta que la grasa se solidifique. A continuación, retirar la grasa, colocarla en tubos Falcón y centrifugar a 5500 rpm durante 15 min a 21 °C, con el objetivo de separar cualquier impureza sólida de la grasa.
4. Finalmente, extraer y almacenar la grasa en tubos de ensayo a una temperatura de -18 °C hasta el momento de su análisis.

\*La solución de detergente fue preparada con 50 g de hexametáfosfato de sodio y 24 ml de tritón X100, aforado con agua destilada en un balón de 1000 ml (Schettino et al., 2011).

## **ANEXO II**

### **MÉTODO OFICIAL DE LA AOAC 963.22 MÉTODO METIL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS EN ACEITES Y GRASAS**

1. Pesar 0.05 g de muestra en un tubo de ensayo rotulado.
2. Agregar 1 ml de una solución de metanol-hidróxido de sodio y llevar a baño de agua a 97 °C por 10 min.
3. Colocar 0.4 ml de ácido clorhídrico–metanol y calentar en baño de agua a ebullición por 25 min.
4. Retirar los tubos del baño de agua, dejar enfriar, adicionar 2 ml de agua y 3 ml de hexano y agitar. Reposar hasta la separación de fases y retirar la fase orgánica con la ayuda de una pipeta de Pasteur en un nuevo tubo (Tubo 2).
5. Repetir lo descrito en el paso 4 desde el momento en donde se adiciona 3 ml de hexano.
6. Agregar sulfato de sodio al tubo 2 para retener la humedad sobrante, agitar y trastornar el líquido el otro tubo de ensayo (tubo 3).
7. Secar el contenido del tubo 3 con nitrógeno gaseoso.
8. Recuperar la muestra concentrada añadiendo 2 ml de hexano, agitar y colocar en viales para cromatografía.

9. Inyectar en el cromatógrafo de gases Agilent 7890 con inyector FID, verificando la presión necesaria para el trabajo (Helio 85 psi, Nitrógeno 40 psi y Aire 70 psi) y la presión del equipo (35 psi).

## ANEXO III

### VISCOSIDAD APARENTE DE LAS LECHESES FERMENTADAS DURANTE LA FERMENTACIÓN.

% Añadido de Quinua Lavada	Tiempo de Fermentación (min)	Viscosidad aparente (Pa.s)
0	135	0.3832 <sup>a</sup> ± 0.00
0	180	0.6706 <sup>ab</sup> ± 0.00
0	225	5.6522 <sup>f</sup> ± 0.27
0	270	9.58 <sup>gh</sup> ± 0.14
0	315	10.2506 <sup>ghi</sup> ± 0.41
2.5	135	1.1496 <sup>bc</sup> ± 0.00
2.5	180	1.7244 <sup>c</sup> ± 0.00
2.5	225	6.3228 <sup>f</sup> ± 0.14
2.5	270	9.7716 <sup>ghi</sup> ± 0.00
2.5	315	11.975 <sup>j</sup> ± 0.27
2.5	360	11.3044 <sup>j</sup> ± 0.00
5	135	2.9698 <sup>d</sup> ± 0.13
5	180	3.9278 <sup>e</sup> ± 0.00
5	225	9.1968 <sup>g</sup> ± 0.00
5	270	14.5616 <sup>l</sup> ± 0.14
5	315	16.5734 <sup>m</sup> ± 0.00
5	360	16.286 <sup>m</sup> ± 0.00
7.5	135	10.3464 <sup>i</sup> ± 0.41
7.5	180	12.933 <sup>k</sup> ± 0.41
7.5	225	17.8188 <sup>n</sup> ± 0.13
7.5	270	25.0038 <sup>o</sup> ± 0.14
7.5	315	29.8896 <sup>p</sup> ± 0.00
7.5	360	35.3502 <sup>r</sup> ± 0.00
7.5	405	34.3922 <sup>q</sup> ± 0.00

\*Valores promedio (n=2) ± desviación estándar

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas dentro de cada formulación

## ANEXO IV

### VISCOSIDAD APARENTE DE LECHE FERMENTADA DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

% Añadido de Quinoa Lavada	Días de Almacenamiento	Viscosidad aparente (Pa.s)
0	1	11.4002 <sup>a</sup> ± 0.81
0	7	11.1128 <sup>a</sup> ± 0.14
0	14	11.5918 <sup>a</sup> ± 0.00
0	21	12.0708 <sup>a</sup> ± 0.54
2.5	1	13.3162 <sup>a</sup> ± 0.14
2.5	7	12.3582 <sup>a</sup> ± 0.00
2.5	14	11.8792 <sup>a</sup> ± 0.13
2.5	21	10.9212 <sup>a</sup> ± 0.00
5	1	23.8542 <sup>b</sup> ± 0.13
5	7	15.9028 <sup>a</sup> ± 0.13
5	14	17.4356 <sup>a</sup> ± 0.00
5	21	15.328 <sup>a</sup> ± 0.14
7.5	1	38.7032 <sup>d</sup> ± 0.00
7.5	7	32.1888 <sup>c</sup> ± 0.00
7.5	14	36.3082 <sup>cd</sup> ± 0.00
7.5	21	30.8476 <sup>c</sup> ± 0.54

\*Valores promedio (n=2) ± desviación estándar

\*Letras diferentes denotan diferencia significativa

# ANEXO V

## PROCESO DE ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA



**Figura 1.** Pasteurización de la leche



**Figura 2.** Adición y mezcla de quinua



**Figura 3.** Pasteurización de la mezcla



**Figura 4.** Inoculación de cultivo



**Figura 5. Fermentado**



**Figura 6. Batido**



**Figura 7. Envasado y Almacenamiento**

# ANEXO VI

## EXTRACCIÓN DE GRASA DE LA LECHE FERMENTADA



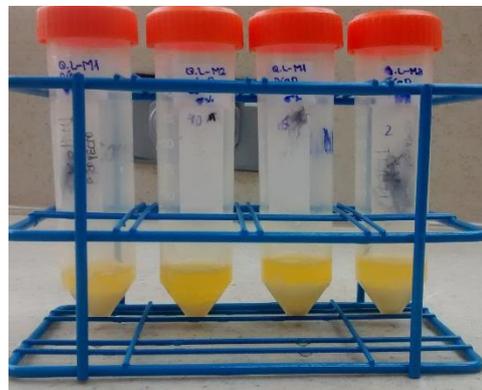
**Figura 8.** Baño María a 90 °C



**Figura 9.** Separación de grasa



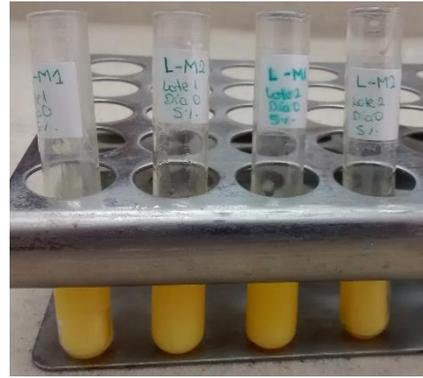
**Figura 10.** Enfriamiento



**Figura 11.** Extracción en tubos  
Falcon



**Figura 12.** Centrifugado



**Figura 13.** Almacenamiento en tubos de ensayo.

## ANEXO VII

### INFORME INIAP SOBRE EL ANÁLISIS DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE FERMENTADA

	INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS <small>Paramericana Sur Km. 1, Cutigagua Tlts. 2890691-3007134. Fax 3007134                  Casilla postal 17-01-340</small>	
---	--	---

#### INFORME DE ENSAYO 16-073

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b>	Srta. Michelle Morales	<b>INSTITUCION:</b>	Particular
<b>DIRECCION:</b>	Sangoiqui	<b>ATENCION:</b>	Srta. Michelle Morales
<b>FECHA DE EMISION:</b>	12 DE ABRIL DE 2016	<b>FECHA DE RECEPCION:</b>	14 DE MARZO DE 2016
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	DEL 15 DE MARZO AL 11 DE ABRIL	<b>HORA DE RECEPCION:</b>	14h22
		<b>ANALISIS SOLICITADO</b>	Acidos grasos

ACIDO GRASO %	SÍMBOLO	METODO REF.	16-0378	16-0379	16-0380	16-0381	16-0382	16-0383	16-0384	16-0385	16-0386	16-0387	16-0388	16-0389	16-0390	16-0391
Ácido butírico	c4	AOAC 963.22	ND													
Ácido caproico	c6	AOAC 963.22	0,45	0,66	0,59	0,50	0,28	0,19	0,31	0,40	0,27	0,52	0,57	0,34	0,62	0,47
Ácido caprílico	c8	AOAC 963.22	0,73	0,80	0,71	0,66	0,47	0,55	0,54	0,61	0,61	0,55	0,60	0,41	0,64	0,57
Ácido capríco	c10	AOAC 963.22	2,32	2,15	2,12	1,94	1,84	1,83	1,85	1,91	1,83	1,71	1,80	1,45	1,98	1,94
Ácido undecanoico	c11	AOAC 963.22	0,32	0,29	0,28	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,20	0,27	0,27
Ácido laurico	c12	AOAC 963.22	3,19	0,28	2,83	2,56	2,54	2,45	2,52	2,57	2,37	2,30	2,37	1,93	2,59	2,67
Ácido tridecanoico	c13	AOAC 963.22	0,19	0,15	0,15	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,13	0,14	0,11	0,15	0,15
Ácido mirístico	c14	AOAC 963.22	8,65	10,29	10,73	9,51	9,50	9,09	9,27	9,43	8,73	8,76	8,77	7,07	9,32	10,31
Ácido miristoleico	c14:1	AOAC 963.22	1,16	0,94	0,96	0,87	0,86	0,82	0,84	0,86	0,79	0,80	0,78	0,63	0,87	0,95
Ácido pentadecanoico	c15:0	AOAC 963.22	1,94	1,46	1,54	1,37	1,43	1,34	1,39	1,41	1,24	1,33	1,23	0,99	1,36	1,58
Ácido cis-10-pentadecanoico	c15:1	AOAC 963.22	ND													
Ácido palmítico	c16:0	AOAC 963.22	23,58	27,23	26,99	25,31	25,09	23,98	24,57	24,85	23,05	24,45	23,97	19,35	24,23	22,95
Ácido palmítoleico	c16:1	AOAC 963.22	1,91	1,54	1,61	2,36	0,31	0,29	1,27	1,29	1,15	1,36	1,15	0,93	1,55	1,72
Ácido heptadecanoico	c17:0	AOAC 963.22	1,29	0,96	1,05	1,01	1,03	0,97	0,98	1,00	0,90	0,96	0,92	0,73	0,96	1,14
Ácido cis-10-heptadecanoico	c17:1	AOAC 963.22	0,36	0,28	0,30	0,43	0,27	0,26	0,47	0,27	0,23	0,26	0,23	0,18	0,39	0,55
Ácido esteárico	c18:0	AOAC 963.22	11,47	13,71	13,82	12,81	12,37	11,63	11,96	12,22	10,18	11,71	10,78	8,48	11,40	11,59
Ácido eláidico	c18:1n6t	AOAC 963.22	2,55	3,47	2,95	3,25	3,35	3,22	3,19	3,32	2,54	3,06	1,95	1,57	3,50	4,18
Ácido oléico	c18:1n7c	AOAC 963.22	24,15	27,20	26,74	24,92	25,02	23,86	23,45	25,43	21,00	24,71	22,03	18,07	26,11	25,79
Ácido linoléidico	c18:2n6t	AOAC 963.22	0,30	0,26	0,26	0,23	0,21	0,19	0,20	0,20	0,17	0,19	0,17	0,13	0,38	0,42
Ácido linoléico	c18:2n6c	AOAC 963.22	3,85	3,25	3,10	2,95	5,73	5,12	5,14	5,15	6,50	8,08	8,01	7,75	5,17	5,62
Ácido araquídico	c20:0	AOAC 963.22	0,29	0,21	0,22	0,20	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,25	0,25	0,20	0,25	0,28
Ácido 1-linoleico	c18:3n6	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-11-eicosanoico	c20:1	AOAC 963.22	ND													
Ácido linolenico	c18:3n3	AOAC 963.22	1,08	1,15	1,19	1,04	1,16	1,08	1,07	1,10	1,18	1,35	1,29	1,16	1,05	1,23
Ácido heneicosanoico	c21:0	AOAC 963.22	1,42	1,18	1,18	0,98	1,09	1,14	1,15	1,15	0,86	1,06	0,83	0,70	1,06	1,31
Ácido cis-11-14-eicosadienoico	c20:2	AOAC 963.22	ND													
Ácidobehénico	c22:0	AOAC 963.22	0,14	0,11	0,12	0,10	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,16	0,16	0,15	0,11	0,13
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico	c20:3n6	AOAC 963.22	ND													
Ácido erucico	c22:1n9	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-11,14,17-eicosatrienoico	c20:3n3	AOAC 963.22	ND													
Ácido ticosanoico	c23:0	AOAC 963.22	ND													
Ácido mélico-5,8,11,14- eicosatetraenoico	c20:4n6	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-13,16-docosadienoico	c22:2	AOAC 963.22	ND													
Ácido lignocérico	c24:0	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	c20:5n3	AOAC 963.22	ND													
Ácido nervónico	c24:1	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	c22:6n3	AOAC 963.22	ND													



INFORME DE ENSAYO 16-073

ACIDO GRASO %	SÍMBOLO	METODO REF.	16-0392	16-0393	16-0394	16-0395	16-0396	16-0397	16-0398	16-0399	16-0400	16-0401	16-0402	16-0403	16-0404	16-0405
Ácido butírico	c4	AOAC 963.22	ND													
Ácido caproico	c6	AOAC 963.22	0,31	0,10	0,53	0,26	0,65	0,01	0,71	0,37	0,41	0,22	0,59	0,07	0,12	0,37
Ácido caprílico	c8	AOAC 963.22	0,53	0,46	0,49	0,69	0,68	0,24	0,68	0,53	0,61	0,57	0,79	0,49	0,56	0,67
Ácido capríco	c10	AOAC 963.22	1,85	1,55	1,57	2,00	2,00	1,30	1,78	1,66	1,72	1,64	2,26	1,69	1,87	2,07
Ácido undecanoico	c11	AOAC 963.22	0,25	0,22	0,22	0,28	0,28	0,18	0,25	0,23	0,25	0,23	0,31	0,24	0,25	0,28
Ácido laurico	c12	AOAC 963.22	2,62	2,08	2,10	2,67	2,62	1,89	2,25	2,23	2,31	2,09	2,92	2,21	2,53	2,74
Ácido tridecanoico	c13	AOAC 963.22	0,15	0,12	0,12	0,15	0,15	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	0,17	0,13	0,15	0,16
Ácido mirístico	c14	AOAC 963.22	10,08	8,02	7,05	8,20	9,54	6,99	8,22	8,29	8,72	7,84	8,84	8,14	9,88	10,24
Ácido miristoleico	c14:1	AOAC 963.22	0,93	0,77	0,79	0,94	0,91	0,69	0,75	0,78	0,82	0,76	0,96	0,76	0,88	0,92
Ácido pentadecanoico	c15:0	AOAC 963.22	1,53	1,24	1,25	1,56	1,42	1,06	1,19	1,21	1,31	1,16	1,57	1,17	1,48	1,49
Ácido cis-10-pentadecanoico	c15:1	AOAC 963.22	ND													
Ácido palmítico	c16:0	AOAC 963.22	25,36	22,23	22,73	23,25	23,67	22,00	22,40	22,84	25,87	21,78	23,60	21,20	22,81	22,03
Ácido palmítoleico	c16:1	AOAC 963.22	1,74	1,47	1,50	1,72	1,76	1,32	1,28	1,35	1,50	1,35	1,75	1,37	1,63	1,67
Ácido heptadecanoico	c17:0	AOAC 963.22	1,13	0,92	0,91	1,14	1,09	0,82	0,85	0,86	0,96	0,82	1,15	0,85	1,09	1,07
Ácido cis-10-heptadecanoico	c17:1	AOAC 963.22	0,54	0,44	0,50	0,55	0,49	0,37	0,42	0,44	0,46	0,40	0,55	0,43	0,49	0,47
Ácido estearico	c18:0	AOAC 963.22	14,60	10,89	10,82	10,61	12,30	17,86	10,06	9,99	13,45	9,43	13,81	9,84	13,16	12,96
Ácido eláido	c18:1n9t	AOAC 963.22	4,22	3,09	3,52	4,22	3,68	2,80	2,86	2,95	3,00	2,89	4,07	2,81	4,00	3,81
Ácido oléico	c18:1n9c	AOAC 963.22	25,24	25,30	25,52	26,13	24,98	25,76	24,65	22,06	28,24	26,07	25,07	21,19	22,57	23,87
Ácido linolelaídico	c18:2n6t	AOAC 963.22	0,38	0,32	0,35	0,42	0,37	0,26	0,31	0,30	0,36	0,32	0,38	0,28	0,34	0,35
Ácido linoleico	c18:2n6c	AOAC 963.22	4,23	4,28	8,02	9,44	8,50	7,55	9,74	11,98	5,69	11,67	3,72	3,03	3,50	3,44
Ácido araquídico	c20:0	AOAC 963.22	0,26	0,19	0,24	0,34	0,63	0,54	0,21	0,29	0,30	0,29	0,23	0,17	0,23	0,22
Ácido $\gamma$ -linoleico	c18:3n6	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-11-eicosenoico	c20:1	AOAC 963.22	ND													
Ácido linolénico	c18:3n3	AOAC 963.22	1,14	1,03	1,32	1,53	1,64	1,08	1,42	1,55	1,11	1,53	1,15	0,85	1,09	1,07
Ácido heneicosanoico	c21:0	AOAC 963.22	1,34	1,16	1,19	1,41	1,32	0,86	0,92	0,84	1,04	0,93	1,27	0,83	1,31	1,18
Ácido cis-11-14-eicosadienoico	c20:2	AOAC 963.22	ND													
Ácidobehénico	c22:0	AOAC 963.22	0,12	0,10	0,13	0,17	0,22	0,16	0,17	0,17	0,12	0,16	0,13	0,09	0,11	0,11
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico	c20:3n6	AOAC 963.22	ND													
Ácido erucico	c22:1n9	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-11,14,17-eicosatrienoico	c20:3n3	AOAC 963.22	ND													
Ácido tricosanoico	c23:0	AOAC 963.22	ND													
Ácido metilcis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	c20:4n6	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-13,16-docosadienoico	c22:2	AOAC 963.22	ND													
Ácido lignocerico	c24:0	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	c20:5n3	AOAC 963.22	ND													
Ácido nervónico	c24:1	AOAC 963.22	ND													
Ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	c22:6n3	AOAC 963.22	ND													



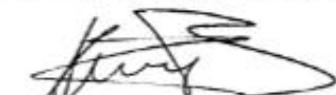
INFORME DE ENSAYO 16-073

ACIDO GRASO %	SÍMBOLO	METODO REF.	16-0406	16-0407	16-0408	16-0409	16-0410	16-0411	16-0412	16-0413	16-0414	16-0415	16-0416	16-0417	16-0418
Acido butirico	c4	AOAC 963.22	ND												
Acido caproico	c6	AOAC 963.22	0,05	0,10	0,22	0,35	4,79	0,27	0,45	0,27	ND	ND	ND	0,36	0,36
Acido caprilico	c8	AOAC 963.22	0,49	0,43	0,55	0,54	0,62	0,43	0,58	0,53	ND	ND	ND	0,60	0,60
Acido caprico	c10	AOAC 963.22	1,84	1,62	1,87	1,75	1,82	1,41	1,76	1,63	ND	ND	ND	1,84	1,84
Acido undecanoico	c11	AOAC 963.22	0,25	0,22	0,24	0,23	0,25	0,19	0,24	0,22	ND	ND	ND	0,26	0,26
Acido laurico	c12	AOAC 963.22	2,49	2,24	2,46	2,33	2,37	1,87	2,39	2,12	ND	ND	ND	2,47	2,47
Acido tridecanoico	c13	AOAC 963.22	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,10	0,14	0,12	ND	ND	ND	0,15	0,15
Acido mirístico	c14	AOAC 963.22	9,66	8,67	9,09	8,73	8,64	6,95	9,17	7,88	0,17	0,11	0,12	9,46	9,46
Acido miristoleico	c14:1	AOAC 963.22	0,89	0,78	0,84	0,81	0,82	0,64	0,82	0,74	ND	0,04	ND	0,88	0,88
Acido pentadecanoico	c15:0	AOAC 963.22	1,44	1,31	1,34	1,25	1,23	1,01	1,31	1,13	0,05	0,04	0,04	1,37	1,37
Acido cis-10-heptadecanoico	c15:1	AOAC 963.22	ND	0,04	ND	ND	ND								
Acido palmítico	c16:0	AOAC 963.22	22,71	23,28	24,01	23,13	23,27	19,02	22,71	21,17	9,03	6,75	8,47	25,13	25,13
Acido palmítoleico	c16:1	AOAC 963.22	1,67	1,42	1,30	1,28	1,27	1,00	1,33	1,14	0,08	0,05	0,05	1,35	1,35
Acido heptadecanoico	c17:0	AOAC 963.22	1,08	0,94	0,84	0,91	0,91	0,75	1,01	0,82	ND	0,13	0,03	1,03	1,03
Acido cis-10-heptadecanoico	c17:1	AOAC 963.22	0,54	0,47	0,27	0,26	0,27	0,21	0,27	0,23	ND	0,04	0,04	0,28	0,28
Acido esteárico	c18:0	AOAC 963.22	10,03	11,57	12,04	10,83	10,98	9,21	12,29	10,05	0,68	0,65	0,47	11,38	11,38
Acido eláidico	c18:1n9t	AOAC 963.22	3,92	3,50	3,19	2,26	2,76	2,27	3,07	2,53	ND	ND	ND	2,85	2,85
Acido oléico	c18:1n9c	AOAC 963.22	25,80	25,17	24,85	23,64	24,73	19,46	24,02	23,18	21,82	17,33	20,07	22,52	22,52
Acido linoleláidico	c18:2n6t	AOAC 963.22	0,38	0,35	0,20	0,19	0,20	0,16	0,21	0,17	ND	ND	ND	0,20	0,20
Acido linoleico	c18:2n6c	AOAC 963.22	5,88	5,10	4,99	4,83	7,35	5,81	7,44	6,42	55,59	40,39	49,76	1,18	1,18
Acido araquídico	c20:0	AOAC 963.22	0,27	0,25	0,20	0,17	0,20	0,18	0,23	0,18	0,46	0,29	ND	0,20	0,20
Acido $\gamma$ -linoleico	c18:3n6	AOAC 963.22	ND	0,12	0,04	0,17	0,17								
Acido cis-11-eicosanoico	c20:1	AOAC 963.22	ND	1,58	1,01	1,43	0,83	0,83							
Acido linolenico	c18:3n3	AOAC 963.22	1,26	1,10	1,18	1,10	1,29	1,02	1,39	1,15	4,19	2,83	3,56	0,99	0,99
Acido heneicosanoico	c21:0	AOAC 963.22	1,27	1,05	0,96	0,90	0,89	0,69	0,99	0,84	ND	ND	ND	0,21	0,21
Acido cis-11-14-eicosadienoico	c20:2	AOAC 963.22	ND	0,17	0,12	0,15	0,06	0,06							
Acidobehénico	c22:0	AOAC 963.22	0,14	0,12	0,12	0,11	0,15	0,12	0,15	0,13	0,62	0,39	0,51	0,08	0,08
Acido cis-8,11,14-eicosatrienoico	c20:3n6	AOAC 963.22	ND	0,05	0,05										
Acido erúxico	c22:1n9	AOAC 963.22	ND	1,43	0,97	1,29	0,01	0,01							
Acido cis-11,14,17-eicosatrienoico	c20:3n3	AOAC 963.22	ND	2,33	1,76	1,25	0,02	0,02							
Acido tricosenoico	c23:0	AOAC 963.22	ND	0,09	ND	0,06	0,04	0,04							
Acido metilcis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	c20:4n6	AOAC 963.22	ND	0,10	0,10										
Acido cis-13,16-docosadienoico	c22:2	AOAC 963.22	ND	0,13	0,09	0,11	0,05	0,05							
Acido lignocérico	c24:0	AOAC 963.22	ND	0,28	0,20	0,21	0,07	0,07							
Acido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	c20:5n3	AOAC 963.22	ND	0,14	0,14										
Acido nervónico	c24:1	AOAC 963.22	ND	0,19	0,14	0,13	0,03	0,03							
Acido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	c22:6n3	AOAC 963.22	ND	0,02	0,02										

Observaciones: Muestras entregadas por el cliente

  
**Dr. Armándo Rublo**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**



  
**Dr. MSc. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial; esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y no será usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de esta se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notificar al emisor por este mismo medio y eliminar la información.