

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El yogurt es un producto fermentado elaborado a partir de leche entera, en el cual toman acciones las bacterias ácido lácticas, transformando los azúcares en ácido láctico principalmente y pequeñas cantidades de productos secundarios como compuestos carbonílicos, ácidos grasos volátiles, aminoácidos y alcoholes, como consecuencia de la acidificación del medio por las bacterias ácido lácticas, las proteínas de la leche se coagulan y precipitan, dando lugar a un producto con sabor, aroma y textura característico, el cual es apreciado por su alto contenido de proteínas que ayuda a mejorar la digestión del organismo por los cambios ocurridos en las proteínas de la leche.

Actualmente en nuestro medio se consume yogurt por sus saludables beneficios y por sus propiedades organolépticas agradables de esta forma se ha convertido en uno de los alimentos lácteos más apetecidos del mundo gracias a la variedad de sabores y presentaciones que existen en el mercado.

En la actualidad son varios los tipos de yogurt que se procesan, como por ejemplo: yogurt natural, sin adición de aromas, sabores y azúcares; yogurt azucarado al que se le agregan azúcares comestibles como la sacarosa; yogurt con edulcorantes calóricos y no calóricos y yogurt con frutas, zumos y pulpas, también existen en el mercado yogures de distintas consistencias: líquido, batido y semisólido. El yogurt se conoce desde la antigüedad. Su método de fabricación se conservó como tradición en los pueblos nómadas, que se cree fueron los primeros en conocerlo. Su tecnología tradicional se transmitió por vía oral en varias culturas, y el nombre proviene del turco “yogurut” y del búlgaro “yaourt”. La popularización del yogurt en occidente en épocas modernas inicia con los trabajos del biólogo ucraniano Metchnikoff (premio Nobel 1908), quien fundamentó los aspectos microbiológicos de su manufactura y los beneficios para la salud pública del consumo generalizado del yogurt.

## 1.1. ANTECEDENTES

Peng *et al.* (2009) realizaron un estudio sobre el impacto de la pre-acidificación de la leche sobre las propiedades del yogurt. En la que mencionan que uno de los factores que afectan a la textura del yogurt es la interacción de la caseína con los fosfatos, dependiendo del nivel de acidez inicial. El estudio los llevo a concluir que se obtiene mejor textura y menos separación de suero mediante un periodo de fermentación corto y evitando la pre-acidificación de la leche antes de la inoculación del cultivo lo cual permite alcanzar un coeficiente mayor de vida de anaquel y menor permeabilidad del gel.

Díaz *et al.* (2004) Realizaron una investigación relacionada con adición de fibra y disminución de grasa para evaluar su efecto sobre las propiedades fisicoquímicos del yogurt, en ello encontraron que la sinéresis disminuyo al incrementar el contenido de fibra y reducir el nivel de grasa de la leche; así como el coeficiente de consistencia aumento y el índice de flujo disminuyo al incrementar el contenido de fibra. Concluyen que el incremento de sólidos y la disminución de la grasa sería favorable para reducir la sinéresis y aumentar la viscosidad en el yogurt.

Lee y Lucey (2006) realizaron un estudio sobre la separación del suero en yogurt, en la que mencionan que se refiere a la aparición espontanea del suero sobre la superficie del gel; y que según el reporte de ellos a menor temperatura de incubación (40 °C) y mayor proporción de inoculación de cultivo (3-4 %) tiene efecto significativo en la reducción de este fenómeno.

Salvador y Fiszman (2004) reportaron que durante un estudio realizado para evaluar la textura y características sensoriales de yogurt durante el almacenamiento, encontraron que se observó incremento de sinéresis en

todas las temperaturas estudiadas, siendo el incremento más notorio durante los primeros días y para las temperaturas más elevadas.

Salvador y Fiszman (2004) realizaron un estudio relacionado al aspecto microbiológico del yogurt, mencionan que la norma para este producto exige que contenga  $10^7$  UFC de bacterias viables (*streptococcus thermophilus* y *lactobacillus bulgaricus*) por mililitro de yogurt como una medida estándar generalmente aceptada. También reportaron que la disminución de la carga microbiana va depender de la temperatura de almacenamiento que es de 5 °C durante varios días.

Rojas *et al.* (2007) realizaron un estudio para determinar la viscosidad aparente del yogurt, utilizando un viscosímetro de Brookfield Cole-Pamer, modelo 98936-10, utilizando el husillo N° 4 y a una velocidad de 5.0 rpm. La temperatura registrada en este estudio fue de 5 °C.

Lee y Lucey (2004) menciona que se alcanzó una mayor viscosidad de yogurt al realizar un tratamiento térmico a la leche a mayor temperatura 85 °C e realizando una incubación a una temperatura menor a 32 °C.

## **1.2. LECHE**

El Instituto Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación del Perú define a la leche: “es el producto integro, no alterado ni adulterado, del ordeño higiénico, regular, completo e interrumpido de vacas sanas y bien alimentadas, sin calostro y exento de color, sabor y consistencia anormales” Características generales. La leche fresca de la vaca deberá presentar aspectos normal, estará limpia y libre de calostro, preservadores, antibióticos, colorantes, materias extrañas y sabores u olores extraños. La leche se obtendrá de vacas acreditadas como sanas, es decir libres de toda enfermedades infecto contagiosas.

La leche es el producto íntegro del ordeño total e interrumpido de una hembra lechera en buen estado de salud, bien nutrida y no fatigada. Ha de ser recogida de forma adecuada y no debe contener calostro (Santos, 2007).

La denominación “LECHE” sin indicación de la especie animal procedente, se reserva a la leche de la vaca, toda leche que proceda de una hembra lechera que no sea la de vaca debe designarse de la especie animal de la que procede: leche de cabra, leche de oveja, leche de asna y otras (Gueguen, 1997).

## COMPOSICIÓN DE LA LECHE

La leche está formado por 87.5% de agua y 12.5% de sólidos, constituye su parte nutritivo.

**Tabla 1:** Composición de la leche.

<b>Componentes</b>	<b>Porcentaje</b>
Agua	87,5 %
Lactosa	4,8 %
Grasa	4,00 %
Proteína	3.50 %
Sales minerales	0.70 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Mahaut, 2004.

Revilla, 1985, dice que la composición de la leche es bastante compleja comprendiendo decenas de constituyentes, los cuales pueden agruparse en el siguiente cuadro:

**Tabla 2:** Principales componentes de la leche.

<b>Componentes</b>	<b>Contenido en 100 g de alimento</b>
Energía	61 Kcal
Grasa	7.5 g
Carbohidratos	12.7 g
Proteínas	3.2 g

Fuente: Mahaut, 2004.

Fennema (1982), menciona la composición de la leche de vaca varía según las diferentes razas del ganado, como se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 3:** Componentes de la leche, según razas.

<b>Composición media representativa de la leche de vaca de las razas más comunes en el Perú</b>						
<b>Raza</b>	<b>Agua</b>	<b>Grasa</b>	<b>Proteína</b>	<b>Lactosa</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Sólidos totales</b>
Jersey	85.47	5.05	3.78	5.00	0.70	14.53
Brown swiss	86.87	3.85	3.48	5.08	0.72	13.13
Holstein	87.72	3.41	3.32	4.87	0.68	12.28

**Fuente:** Fennema, 1982

Rojas (2005), los componentes de la leche que más varían son las proteínas y las grasas, en general la leche está constituido por:

- Agua en un 88 %
- Hidratos de carbono, el único que contiene la leche, sea cual sea su origen es la lactosa. Es un disacárido mucho menos dulce que la sacarosa y para cuya digestión se precisa la lactasa, por acción de ciertos microorganismos la lactosa se puede transformar un ácido láctico, acidificando el medio y para así obtener otras leches fermentadas.
- Proteínas, contiene proteínas de alto valor biológico, siendo su contenido promedio de 3.5 % (variando desde el 2.9 % a 3.9 %). Esta proteína láctica es una mezcla de numerosas fracciones proteicas y de pesos moleculares distintos. La caseína es la proteína más abundante (80 %), además de ser la más característica de la leche por no encontrarse en otros alimentos. El valor biológico de la caseína en la alimentación obedece a su contenido en aminoácidos esenciales que se separan de aparte acuosa por acción de enzimas como la renina o

la quimosina, que son las responsables de la precipitación de la proteína en la elaboración de quesos.

- Grasas, están presentes como finos glóbulos lipídicos, en perfecta emulsión, las grasas de la leche contienen ácidos grasos esenciales pero predominan los ácidos grasos saturados, el contenido en colesterol de la leche es moderada, 14 mg/100 g.

**Tabla 4:** Composición lipídica de la leche de vaca

Lípido	Porcentaje en peso	g/L
Triglicéridos	97-98	31.2
Diglicéridos	0.3-0.6	0.14
Monoglicéridos	0.02-0.04	0.01
Ácidos grasos libres	0.1-0.4	0.08
Esteroles libres	0.2-0.4	0.10
Fosfolípidos	0.2-1.0	0.19

**Fuente:** Rojas, 2005

### 1.3. YOGURT

De acuerdo al *Codex Alimentarius*, el yogurt es leche (usualmente de vaca) que han sido fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobascillus bulgaricus* bajo condiciones definidas de tiempo y temperatura. Cada especie de bacterias estimula el crecimiento de la otra, y los productos de su metabolismo combinado dan como resultado la textura cremosa característica y el ligero sabor acido, es un alimento de alto valor nutritivo, que regularizan la flora intestinal, restablece las funciones hepáticas y es de fácil digestibilidad.

Aunque no se dispone de ningún documento en el que se contemple el origen del yogurt, durante mucho tiempo diversas civilizaciones han creído en sus efectos beneficiosos sobre la salud y nutrición humana. Según la tradición persa, la fecundidad y longevidad de Abraham se

debieron al consumo de yogurt. Mas ya en los últimos tiempos se decía que el emperador Francisco I de Francia se recuperó de una enfermedad debilitante que padecía gracias al consumo de yogurt de leche de cabra, (Rosell 1932), citado por Tamime y Robinson (1991).

Schimidt, (1988) menciona que el yogurt tiene proteínas, fosforo, vitaminas y grasas muy digeribles. La acidificación transforma todo estos componentes en el sentido de facilitar su digestión. Muchos neurólogos opinan que el yogurt es más digestible que la leche dulce. Lo que sí es cierto es que muchas personas que no toman leche pueden tomar yogurt. En caso de la gastritis el yogurt tiene la propiedad de regular nuestras funciones digestivas; sus bacterias limpian el intestino evitando el estreñimiento. También es un alimento que estimula el metabolismo, tranquiliza los nervios y combate el insomnio, la hipertensión y las alergias.

### **Bacterias ácido lácticas.**

Es un grupo grande de bacterias con la característica común de producir ácido láctico como el principal producto final del metabolismo; se encuentran en la leche y en otros ambientes naturales. Las bacterias lácticas pueden ser homofermentativas: producen de un 70-90% de ácido láctico. Por ejemplo: *Lactobacilus. Bulgaricus*, *Streptococcus. Thermophilus*, *Lactobacilus. Acidophilus* (Spreer, 1995).

### **Streptococcus thermophilus.**

Es una bacteria gram-positiva, no móvil, anaerobia facultativo, se desarrolla a 37-40°C de temperatura pero puede resistir 50°C e incluso 65°C por media hora. Posee gran relevancia en la industria láctea, *S. thermophilus* utiliza principalmente azúcares como sustrato para la generación de productos de fermentación, siendo el ácido láctico el

principal producto, esta bacteria tiene menor poder de acidificación que el lactobacilus (Spreer, 1995).

### **Lactobacilus bulgaricus.**

Es una bacteria láctea homofermentativa. Se desarrolla muy bien entre 42 y 45°C, produce disminución del pH, puede producir hasta un 2,7% de ácido láctico, es proteolítica, produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas. Esta es la razón por la que se liberan aminoácidos como la valina, la cual tiene interés porque favorece el desarrollo del Streptococcus thermophilus (Spreer, 1995).

### **Tipos de yogurt.**

Hernández, (2003) menciona que en la actualidad se elaboran diferentes tipos de yogurt, los cuales difieren en su composición química, método de producción, sabor, consistencia, textura y proceso post-incubación entre ellos están: yogurt aflanado, yogurt batido, yogurt líquido.

**Tabla 5:** Clasificación del yogurt en función a sus diferentes tratamientos:

Por el contenido graso	Yogurt entero
	Yogurt semidescremado
	Yogurt descremado
Por la consistencia del gel	Yogurt aflanado
	Yogurt batido
	Yogurt bebible o liquido
Por su aroma y sabor	Yogurt natural
	Yogurt frutado
	Yogurt aromatizado
Por su tratamiento post-incubación	Yogurt tratado térmicamente
	Yogurt congelado
	Yogurt deshidratado
	Yogurt concentrado

**Fuente:** Hernández, 2003



## **Identificación y procedencia del producto alimenticio (yogurt).**

### **Yogurt batido**

Hernández, (2003) es un derivado lácteo de características organolépticas especiales con sabor y aroma natural, producto de la coagulación y del batido de la leche entera pasteurizada obtenida por fermentación láctica, es una bebida libre de conservantes y estabilizantes.

### **Presentación comercial.**

1. Presentación de 500 ml en envases plásticos semirrígidos para consumo personal o individual.
2. Presentación de 1000 ml en envases plásticos semirrígidos para consumo familiar o colectivo.

### **Vida útil y condiciones de almacenamiento.**

- 11 días a temperatura de 4 °C a 7 °C.
- No romper la cadena de frío
- No exponer a temperatura ambiente el producto
- Mantener el envase cerrado
- Después de abierto el producto consumase en el menor tiempo posible.

### **Forma de consumo y consumidores potenciales.**

- Consumo directo
- Opcional: Mezclar o acompañar con otras comidas (frutas o cereales)
- Producto dirigido a toda la población juvenil, adulta y adultos mayores que gusten y consuman bebidas lácteas.

### **Instrucciones especiales de manejo.**

Rechazar el producto si presenta alguna alteración en su envase (perforado, fecha de vencimiento)

No congelar el producto

Durante su consumo o manipulación se debe optar por seguir medidas sanitarias: mantener manos higiénicas y no beber directamente del envase si el producto no va a ser consumido en su totalidad.

### **Características Fisicoquímicas.**

Cada 100 g. de Yogurt batido contiene:

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>
Humedad	79,81 %
Proteína	2,81 %
Grasa	3,16 %
Minerales	0,61 %
Carbohidratos	13,61 %
Valor Calórico	94 (Kcal. /100 g.)

### **Características Organolépticas.**

Sabor	: Característico agradable – ligeramente dulce
Aroma	: Característico agradable
Textura	: Cremoso
Color	: Blanco – Uniforme

### **TOMA DE MUESTRA**

Revilla, 1985 dice que el muestreo de la leche constituye el primer eslabón que condiciona el logro de buenos resultados, para ello es necesario que la muestra cumpla con dos requisitos básicos:

- Ser representativa del volumen total de leche de donde se extrajo.
- Ser conservada y acondicionada correctamente para mantener sus características originales hasta su procesamiento en el laboratorio.

### **Extracción de muestras**

Métodos estándar para la toma de muestra de leche

#### **Equipo de muestreo**

1. Muestreo para examen microbiológico.

Todo el equipo de muestreo deberá ser estéril.

2. Muestreo para análisis químico y/o físico.

Es deseable disponer de material esterilizado, en caso de no ser así, este deberá estar limpio y seco y no deberá influir en las propiedades y composición del producto.

## **MATERIAL PARA LA TOMA DE MUESTRA**

### **- Agitadores**

Revilla, 1985 menciona que los agitadores para la mezcla de líquidos a granel deben tener una superficie suficiente para remover debidamente el producto sin que se produzca el batido de la materia grasa. Dadas las diversas formas y dimensiones de los recipientes, no es posible recomendar un tipo particular de agitador adaptable a todas las circunstancias; pero deberá estar diseñado de manera que no dañe el interior de los recipientes durante la agitación y permite para evitar fenómenos de oxidación. Se puede recomendar un tipo de agitador que se adapte a tarros lecheros y un agitador conveniente para los camiones cisternas y cisternas de leche.

Para mezclar el contenido de grandes recipientes se recurrirá a una agitación mecánica aire comprimido limpio. Se utilizará una presión atmosférica y un volumen de aire mínimo para evitar fenómenos de oxidación.

### **- Cucharones**

Para la toma de muestras luego de la agitación, se utilizan cucharones con diferente formato. Los mismos deben ser esterilizados con alcohol (de la misma forma que los agitadores) para no contaminar la muestra o incorporar microorganismos al recipiente donde se almacena la materia prima.

Especificaciones sobre los envases: Los envases y tapas deberán ser de forma y material adecuado para proteger la muestra y que no causen en ella cambios que afecten el resultado de los análisis o exámenes posteriores. Los materiales apropiados incluyen vidrio, algunos metales y plásticos. Si es transparente, deberá ser almacenado en un lugar oscuro.

Los envases y tapas deberán estar limpios y secos ya sea estériles o no (dependiendo del análisis a realizar). Los más utilizados son envases descartables de plástico.

## **TÉCNICAS DE TOMA DE MUESTRAS**

### **1. De tarros Lecheros**

Es indispensable mezclar adecuadamente la leche de los tarros lecheros si se quiere obtener una muestra representativa. Mezclar vigorosamente aproximadamente 20 veces mediante el agitador para asegurar un reparto uniforme de la materia grasa. Cuando la leche a examinar se encuentra en más de un recipiente, se tomará una cantidad representativa de cada uno, después de haber mezclado su contenido, y se anotará la cantidad de leche a la que corresponde cada muestra.

### **2. Del tanque de frío**

En los tanques de fría, a leche se agitará mecánicamente hasta que se obtenga una homogeneidad suficiente durante 5 minutos como mínimo. Si la cisterna está provista de un sistema de programación periódica de agitación, dicho tiempo será más corto (1 a 2 minutos).

La muestra de leche se tomará de punta de manguera de descarga al camión cisterna cuando queda en el tanque de frío la mitad del volumen total de leche, a fin de obtener una muestra representativa.

Sin embargo, puede ocurrir que la toma de muestra no coincida con la presencia del camión cisterna en el lugar, en cuyo caso debemos realizar los pasos mencionados anteriormente y tomar la misma desde la escotilla (abertura) ubicada en la parte superior del tanque de frío.

### **3. De grandes recipientes, tanques de almacenamiento, camiones cisternas**

En cada caso se mezclará cuidadosamente la leche antes de efectuar el muestreo, según el método apropiado, por ejemplo, agitación mecánica, agitación por aire comprimido limpio, agitadores. El grado de agitación estará en función del tiempo que ha reposado la leche.

Cuando el agitado es manual, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Cuando el muestreo se efectúa dentro de la media hora siguiente al llenado del recipiente, se agitará vigorosamente la leche durante 5 minutos como mínimo.
2. Cuando la leche ha permanecido más tiempo en la cisterna, se agitará como mínimo durante 15 minutos

### **PRESERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS.**

La temperatura de almacenamiento deberá estar comprendida entre 0-4 ° C. Esta deberá alcanzarse tan rápidamente como sea posible antes del muestreo. Preferentemente las muestras serán enviadas al Laboratorio de ensayo dentro de las 24 horas después del muestreo, se utilizaran conservadoras de tecnopor u otro material aislante y refrigerante, acompañada por la información necesaria.

#### **1.4. PROPIEDADES REOLÓGICAS**

La reología es el estudio físico del comportamiento de los materiales, es una rama de la física que puede definirse como la ciencia de deformación y de las propiedades de flujo. Se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes, pero con frecuencia trata también de la fricción entre sólidos, del flujo de polvos e incluso de la reducción de partículas (Muller, 1977).

Hernández, (2003) menciona que las propiedades reológicas de los alimentos son importantes para diseñar el proceso del fluido, control de calidad, almacenamiento, procesamiento y predecir la textura del alimento. La textura que se da durante la coagulación del yogurt es una característica importante que determina la aceptabilidad del producto.

Según Muller (1977), existen cuatro razones fundamentales para justificar el estudio del comportamiento reológico de los cuerpos:

- Contribuye al conocimiento de su estructura
- En la industria se efectúan medidas reológicas en las materias primas, en los productos en elaboración para el control de los procesos.
- La reología presta una valiosa ayuda al diseño de las maquinas.
- Las características reológicas influyen en la aceptabilidad de un producto.

### **Comportamiento reológico**

Los materiales pueden ser clasificados reológicamente de acuerdo con su comportamiento ante el esfuerzo y la deformación, en sólidos, líquidos o visco elásticos; la leche fresca y la leche evaporada se comportan como fluidos newtonianos, pero la leche condensada, la crema y el yogurt se comportan como fluidos no newtonianos. Algunos productos lácteos como yogurt, helado y tipos de queso han sido considerados con naturaleza visco elásticos (Muller, 1977).

### **Fluidos no newtonianos**

Se define como aquel que exhibe flujo uniforme, pero para el que no es constante la relación entre tensión superficial y velocidad de

deformación. La viscosidad no es constante: la viscosidad de los fluidos no newtonianos, depende de la velocidad de deformación (Muller, 1977).

### **Pseudoplástico**

Los fluidos pseudoplásticos son menos espesos cuando se someten a altas velocidades de deformación que cuando se cortan lentamente. La viscosidad aparente depende en ellos de la velocidad de deformación por corte o cizalladura. La velocidad de deformación aumenta en proporciones más altas que la tensión tangencial, de manera que la viscosidad aparente desciende a medida que aumenta la velocidad de deformación (Muller, 1977).

### **Dilatantes**

Es un fenómeno de espesamiento independiente del tiempo, que se da a altas velocidades de deformación. Se trata del fenómeno opuesto a la pseudoplasticidad, la viscosidad aparente aumenta al aumentar la velocidad de deformación (Muller, 1977).

### **Tixotrópicos**

La tixotropía es un ablandamiento dependiente del tiempo. En estos fluidos la viscosidad aparente desciende a medida que aumenta la velocidad de deformación. El descenso de la viscosidad no está exclusivamente con la velocidad de deformación, sino también con el tiempo (Muller, 1977).

### **VISCOSÍMETRO DE CAÍDA DE ESFERAS**

Sánchez, (2008) menciona que consiste en un recipiente que contiene un fluido viscoso. Su funcionamiento se basa en introducir una pequeña esfera dentro del recipiente, la cual parte del reposo y rápidamente alcanza la velocidad límite<sup>6</sup>. El tiempo que le toma recorrer la distancia L



determina la viscosidad del fluido. Las variables que intervienen en el proceso de medición son:

- Densidad de la esfera sólida.
- Densidad del líquido.
- Longitud que cae la esfera en un tiempo.
- Velocidad límite de la esfera.

Este tipo de instrumentos se utiliza principalmente en los sectores siguientes:

- Industria de aceites minerales (aceites, líquidos hidrocarburos).
- Industria alimentaria (soluciones de azúcar, miel, cerveza, leche, gelatina, zumos de frutas).
- Industria química (soluciones de polímeros, disolventes, soluciones de resinas, dispersiones de látex, soluciones adhesivas).
- Industria cosmética/farmacéutica (materias primas, glicerina, emulsiones, suspensiones, soluciones, extractos).
- Industria petrolera (crudo, aceite para máquinas, petróleo).
- Carburantes (petróleo, aceite diésel y parafina).
- Industria papelera (emulsiones, dispersiones de pigmentos, aditivos del papel).
- Pinturas y barnices (tintas para impresión, barnices, acuarelas, tintas).

Las principales desventajas que tiene este medidor son:

- Si la velocidad a la que cae la bola es muy grande, la lectura no es exacta.
- La medición de la viscosidad requiere de la intervención del usuario, lo que resulta un problema si se requiere realizar varias pruebas.
- Este instrumento no puede medir la viscosidad de sustancias opacas.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

La inquietud principal para efectuar la presente investigación de esta naturaleza, es debido a que uno de los productos lácteos más consumidos en el mundo, en nuestro país y en nuestra Provincia de Andahuaylas es el yogurt. Los principales motivos para que esta bebida fermentada sea muy popular se pueden mencionar al sabor y la textura, las cuales son agradables, así como también la facilidad para ser digerido.

Otro aspecto que se tiene en cuenta es el conocimiento general básico sobre la relación entre la viscosidad del yogurt con el nivel de acidez y la temperatura de almacenamiento, aún es necesario realizar un estudio más profundo con respecto a los diferentes cultivos iniciadores que se comercializan en nuestro medio.

Con estos antecedentes, ésta investigación que se planteó ejecutar estuvo orientado a evaluar el comportamiento reológico (viscosidad) del yogurt natural tipo batido en función a la acidez y la temperatura de almacenamiento y establecer las diferencias entre los mismos.

La repercusión social radica en que se pudo determinar cuál es la diferencia significativa en la Viscosidad del yogurt y también cuál de los tratamientos logra mantener las características originarias del mismo, esto implicará la aceptación del mismo, a través de un diseño experimental para determinar las diferencias significativas entre las diferentes variables; tales como acidez y temperatura de almacenamiento las mismas que influyen en la viscosidad del yogurt batido.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

- Evaluar la influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Comparar la influencia de la acidez y temperatura en la viscosidad del yogurt batido.
- Determinar y evaluar la influencia de la temperatura ambiente sobre la viscosidad de yogurt batido.
- Determinar y evaluar la influencia de la temperatura de refrigeración sobre la viscosidad de yogurt batido.
- Determinar y evaluar la influencia combinada de la acidez y la temperatura de almacenamiento sobre la viscosidad del yogurt batido.

## **PROBLEMA**

¿Cuál es la influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido?

## **HIPÓTESIS**

Existen diferencias significativas en la viscosidad determinado del yogurt batido utilizando el viscosímetro de esferas que caen siendo menor la viscosidad a altas temperaturas y porcentajes elevados de acidez.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

Para los experimentos, análisis de datos e interpretación de resultados de la presente investigación se utilizaron los ambientes del Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Sede Santa Rosa de la Universidad Nacional José María Arguedas.

#### **Materia prima**

Se utilizó leche entera de vaca, proveniente de los pequeños establos que se ubican en el Centro Poblado de Totoral, Distrito de San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, a una altitud de 2900 m.s.n.m. la misma que fue obtenida bajo condiciones de higiene y poniendo en práctica las buenas prácticas de ordeño (BPO). Posterior a la obtención de la materia prima, se procedió a la elaboración del yogurt natural en los ambientes del Laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas; la misma que fue utilizada como materia prima para el presente trabajo de investigación.

#### **Equipos, materiales y reactivos.**

##### **a) Equipos**

- Potenciómetro PH 2" Microprocessor – Ph meter HANNA
- Estufa ODHG-9070B
- Balanza analítica portátil 100 g AR2140
- Balanza analítica TRAVELER
- Refrigeradora 40 LT, KSV44 – BOSCH
- Incubadora

## **b) Materiales**

### **Materiales de vidrio**

- Tubos de ensayo de 10 mL
- Gradilla para tubos de ensayo
- Matraz Erlenmeyer de 250 mL
- Pipetas 10 mL FORTUNA
- Probetas 100 mL y 250 mL LMS GERMAN
- Vaso de precipitación de 250, 100 y 50 mL DURAN
- Propipetas
- Picnómetro LBY 10 mL
- TERMOMETRO WT-1 de -50 °C hasta 300°C
- Termo lactodensímetro FUNKE-GERBER-BERLIN
- Vernier
- Placas Petri STERIPLAN

### **Otros materiales**

- Jarra de 0.5, 1, 2, 6 L
- Baldes de 10 y 12 L
- Esferas de acero inoxidable (características ver en anexos)
- Vasos descartables
- Cinta masking
- Cámara digital
- Laptop
- Calculadora
- Cronómetro
- Regla graduada

## **c) Reactivos y otros**

- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína
- Agua destilada

## **2.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA.**

**Determinación de la densidad por el método del termo lactodensímetro FUNKE-GERBER-BERLIN (Gaviria, 1980).**

### **PROCEDIMIENTO:**

- Se llevó la muestra a 15 °C o lo más próximo posible.
- Se agito la leche, tratando de homogenizar la leche sin formar espuma.
- Posteriormente se vertió la leche, sobre la probeta por las paredes, evitándose formar espuma, hasta un volumen adecuado.
- Se mejoró ligeramente la escala graduada del lactodensímetro y sumergir lentamente hasta la graduación ideal y luego dejar flotar libremente.
- La lectura se realizó cuando el lacto densímetro este inmóvil, y se considerara correcta la lectura por encima del menisco formado por la leche.
- Para la corrección de la medida se tuvo en cuenta (Lactodensímetro 15 °C).
- Se aumentó 0.0002 por cada grado sobre los 15 °C y disminuir 0.0002 por cada grado debajo de 15 °C.

**Determinación de sólidos totales por el método gravimétrico (Gaviria, 1980).**

### **PROCEDIMIENTO:**

- Primero se taró la balanza en relación a la capsula.
- Se pesó 2 g de leche en la capsula.
- Se procedió a secar a 115 °C en la estufa hasta obtener un peso constante.

- Finalmente se pesó el residuo restante y calcular el % de sólidos en relación a los 2 gramos de muestra.

$$ST = \frac{P.ini\ muestra\ leche - P\ final\ muestra\ leche}{P.ini\ de\ la\ muestra\ de\ leche} * 100\%$$

Dónde:

ST : Sólidos totales

P : Peso

### **Determinación de la acidez titulable por el método de titulación por NaOH (Gaviria, 1980).**

#### **PROCEDIMIENTO:**

Se colocó 9 mL de leche en el vaso precipitado.

Se le adiciono 2 – 3 gotas de fenolftaleína al 1%.

Titular con hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado que persista de 15 a 30 segundos.

$$\% ACIDEZ \left( \frac{g}{L} \text{ÁCIDO LACTICO} \right) = \frac{V * N * 90}{M}$$

En donde:

V=Volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1 N gastado en la titulación de la muestra, en mL.

N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

M = Volumen de la muestra, en mL.

90 = Equivalente del ácido láctico.

NOTA: Un mL de NaOH 0.1 N es igual a 0.0090 g de ácido láctico.



**Determinación del pH por el método del potenciómetro (Gaviria, 1980).**

**PROCEDIMIENTO:**

- Primero se procedió a calibrar el potenciómetro hasta obtener un pH neutro.
- Se procedió a preparar la muestra de aproximadamente 25 – 30 mL.
- Se introduce el sensor de calibración a una muestra de agua destilada.
- Se introduce el sensor a la muestra y se procede a la lectura correspondiente.

### **2.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

Se elaboró yogurt tipo batido a partir de la leche entera de vaca estandarizada, los cuales fueron inoculados e incubados simultáneamente, se obtuvo un lote de producción; hasta alcanzar 60 °D. A partir de este lote de producción de yogurt natural fueron envasados en envases de presentaciones de un litro, para luego almacenarlos a dos niveles de temperatura 4 °C y T° ambiente (15 °C). Durante el periodo de almacenamiento se fue registrando los niveles de acidez hasta alcanzar los niveles indicados en el esquema experimental (60 °D y 110 °D) para tomar una muestra y someterlo a evaluación de viscosidad utilizando el viscosímetro de “esferas que caen”. Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos que permitan observar el comportamiento de la viscosidad en función al nivel de acidez y la temperatura de almacenamiento. Finalmente se realizó un análisis ANOVA para determinar diferencias significativas entre tratamientos, se siguió las operaciones descritas por Ludeña (2006).

#### **Metodología para comparar la influencia de la acidez y temperatura en la viscosidad del yogurt batido.**

El yogurt elaborado de leche entera de vaca fue almacenado con una acidez inicial y a una temperatura (temperatura de refrigeración y temperatura ambiente), durante el periodo de almacenamiento se fue registrando los niveles de acidez hasta alcanzar los niveles indicados (60 °D y 110 °D) para tomar una muestra y someterlo a evaluación de viscosidad utilizando el viscosímetro de “esferas que caen”. Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos que permitan observar el comportamiento de la viscosidad en función al nivel de acidez y la temperatura de almacenamiento. Finalmente se realizó un análisis

ANOVA para comparar la influencia de la acidez y temperatura en la viscosidad del yogurt batido.

**Metodología para determinar y evaluar la influencia de la temperatura ambiente sobre la viscosidad de yogurt batido.**

El yogurt elaborado de leche entera de vaca fue almacenado con una acidez inicial y a una temperatura ambiente ( $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), durante el periodo de almacenamiento se fue registrando los niveles de acidez hasta alcanzar los niveles indicados ( $60\text{ }^{\circ}\text{D}$  y  $110\text{ }^{\circ}\text{D}$ ) para tomar una muestra y someterlo a evaluación de viscosidad utilizando el viscosímetro de “esferas que caen”. Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos que permitan observar el comportamiento de la viscosidad en función a la temperatura ambiente. Finalmente se realizó un análisis ANOVA para determinar y evaluar la influencia de la temperatura ambiente sobre la viscosidad del yogurt batido.

**Metodología para determinar y evaluar la influencia de la temperatura de refrigeración sobre la viscosidad de yogurt batido.**

El yogurt fue almacenado con una acidez inicial y a una temperatura de refrigeración ( $T = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), durante el periodo de almacenamiento se fue registrando los niveles de acidez hasta alcanzar los niveles indicados ( $60\text{ }^{\circ}\text{D}$  y  $110\text{ }^{\circ}\text{D}$ ) para tomar una muestra y someterlo a evaluación de viscosidad utilizando el viscosímetro de “esferas que caen”. Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos que permitan observar el comportamiento de la viscosidad en función de la temperatura de refrigeración. Finalmente se realizó un análisis ANOVA para determinar y evaluar la influencia de la temperatura de refrigeración sobre la viscosidad del yogurt batido.

### **Metodología para determinar y evaluar la influencia combinada de la acidez y la temperatura de almacenamiento sobre la viscosidad del yogurt batido.**

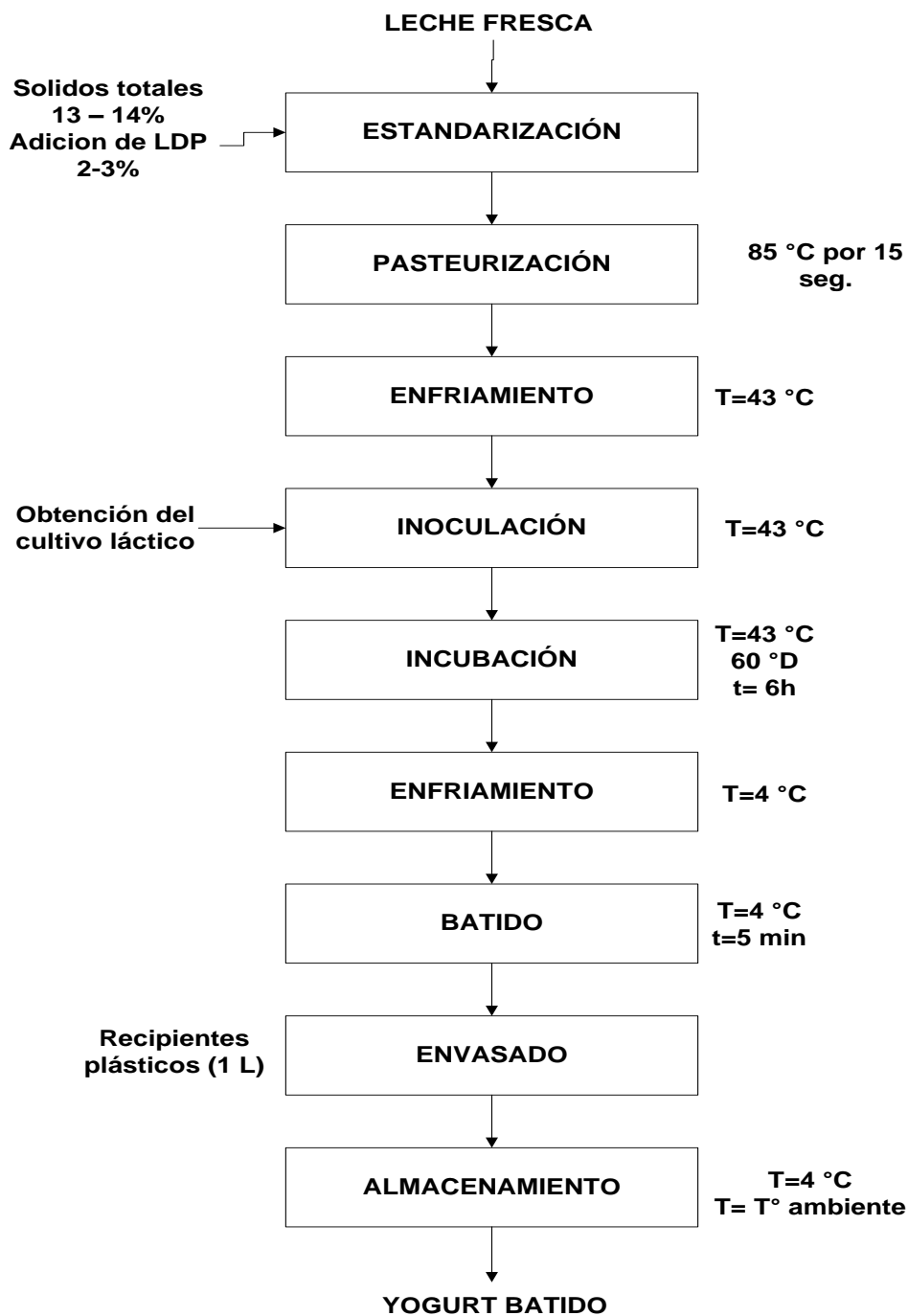
El yogurt fue almacenado con una acidez inicial y a una temperatura (temperatura de refrigeración y temperatura ambiente), durante el periodo de almacenamiento se fue registrando los niveles de acidez hasta alcanzar los niveles indicados (60 °D y 110 °D) para tomar una muestra y someterlo a evaluación de viscosidad utilizando el viscosímetro de “esferas que caen”. Con los resultados obtenidos se realizaron gráficos que permitan observar el comportamiento de la viscosidad en función al nivel de acidez y la temperatura de almacenamiento. Finalmente se realizó un análisis ANOVA para determinar y evaluar la influencia combinada de la acidez y temperatura en la viscosidad del yogurt batido.

### **Descripción del proceso de elaboración del yogurt tipo batido.**

En el siguiente diagrama se muestra el flujo de proceso que será realizado en la primera fase del proyecto, la misma que consiste en elaborar la muestra de yogurt para luego someterlo a almacenamiento y evaluación.

A continuación se describen las etapas del proceso de elaboración de yogurt batido descritas por Ludeña (2006).

**Figura 1:** Diagrama de flujo del proceso de elaboración del yogurt batido



**Fuente:** Ludeña (2006).

**Dónde:**

- LDP : Leche descremada en polvo

## **Leche**

La materia prima fue sometida a una serie de evaluaciones fisicoquímicas, para comprobar la calidad de leche que se va utilizar para este tipo de yogurt. La cantidad de leche a procesar fue de 5 L por cada cultivo iniciador.

## **Estandarización**

Se incrementó los sólidos totales a un nivel de 13 a 14 % adicionándole leche en polvo descremada en la proporción de 2 a 3 %.

## **Pasteurización**

La leche fue sometida a un tratamiento térmico, en la que se monitoreará la temperatura hasta alcanzar los 85 °C hasta alcanzar los 10 minutos a la misma temperatura.

## **Enfriamiento**

Después del tratamiento térmico la leche fue enfriada hasta los 43 °C, que es la temperatura óptima para adicionar el cultivo y el desarrollo de microorganismos; este procedimiento se realizara colocando el recipiente conteniendo la leche caliente en un recipiente más grande conteniendo agua fría.

## **Inoculación**

Previo a la inoculación del cultivo, se preparó la dilución de los cultivos en un recipiente separado del cultivo liofilizado contenido en cada sobre para 100 litros disuelto en 1 L. de leche a temperatura ambiente, se dejara en reposo unos minutos. Luego de hacer una dilución de completa de los cultivos, se procederá a dosificar la cantidad de inóculo en función a la cantidad de yogurt a preparar para la experimentación, siendo en este caso el 5 % del volumen (250 mL). Se colocara en un vaso de precipitado y se elevara la temperatura en baño maría hasta alcanzar los 43 °C para luego ser inoculados en el resto de leche estandarizada, con el fin de evitar el choque térmico.

### **Incubación**

Se efectuó a 43 °C y se mantendrá esta misma temperatura hasta que la leche fermentada alcance un pH menor o igual a 4,6. Otra alternativa es registrar los grados Dornic que alcanza la leche fermentada.

### **Enfriamiento**

Finalizado el proceso de incubación el yogurt se enfrió inmediatamente para evitar que la acidez siga incrementándose, el yogurt será enfriado y mantenido a 4 °C durante 6 horas.

### **Batido**

Se procedió al batido que es un tratamiento mecánico suave hasta lograr una consistencia homogénea.

### **Envasado y almacenamiento**

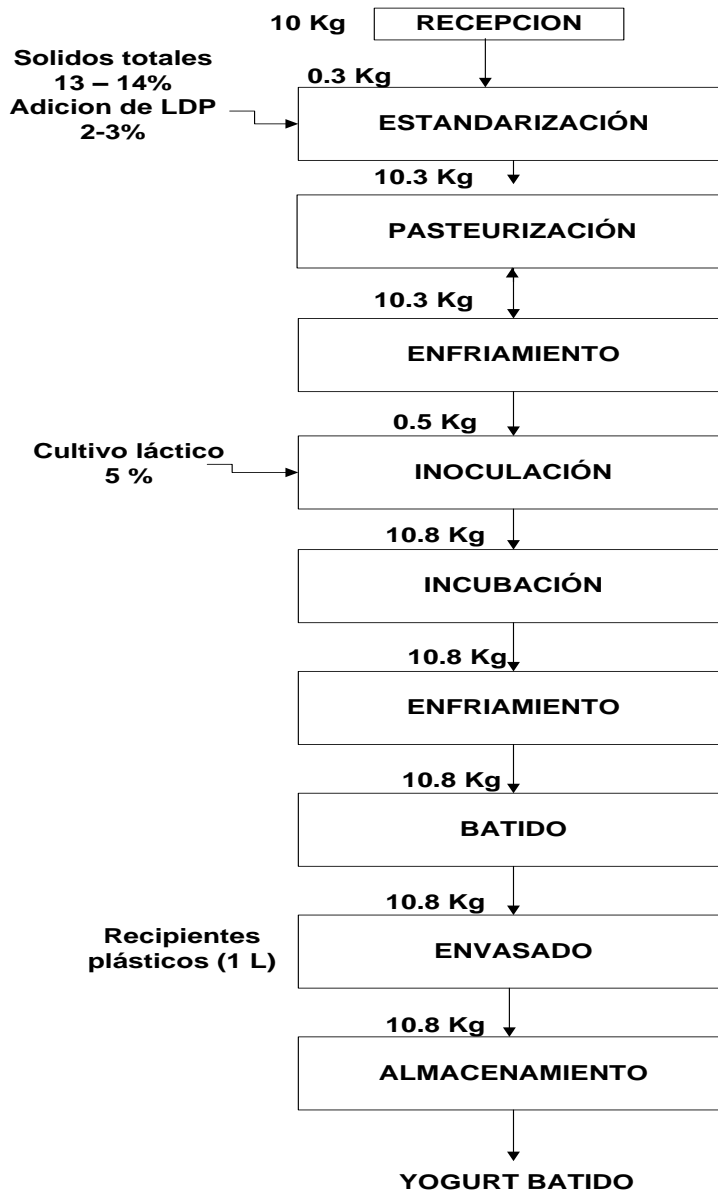
Se efectuó en condiciones asépticas e inmediatamente después de realizar el envasado debe almacenarse tanto en refrigeración a una temperatura de 4 °C como a temperatura ambiente este permaneció en el almacenamiento durante el tiempo que le tome alcanzar la acidez deseada.

## **2.3. ANÁLISIS DEL YOGURT**

A todos los tratamientos del yogurt, se le realizaron los siguientes análisis:

## Balance de materia en la elaboración del yogurt.

**Figura 2:** Diagrama de flujo cuantitativo del proceso de elaboración del yogurt batido (considerando equivalencias).



**Fuente:** Elaboración propia.



**Determinación de la densidad por el método del picnómetro LBY (Gaviria, 1980).**

**Procedimiento:**

- Utilizando el picnómetro LBY de 10 mL.
- Se pesó una muestra de 10 mL más el peso del picnómetro
- Se procedió a tomar la medida de este peso, para luego calcular la densidad siguiendo la relación siguiente.

$$\rho = \frac{P.muestra\ de\ yogurt + P\ del\ picnometro}{volumen\ del\ picnometro}$$

Este análisis se repitió para todos los tratamientos del yogurt batido de acuerdo al esquema experimental.

**Determinación de solidos totales por el método gravimétrico (Gaviria, 1980).**

**Procedimiento:**

- Primero se taro la balanza en relación a la capsula.
- Se pesó 2 g de leche en la capsula.
- Se procedió a secar a 115 °C en la estufa hasta obtener un peso constante.
- Finalmente se pesó el residuo restante y calcular el % de sólidos en relación a los 2 gramos de muestra.

$$ST = \frac{P.in\ de\ la\ muestra\ de\ yogurt - P.f.\ de\ la\ muestra\ de\ yogurt}{P.inicias\ de\ la\ muestra\ de\ yogurt} * 100\%$$

Dónde:

ST : Sólidos totales

P : Peso

Este análisis se repitió para todos los tratamientos del yogurt batido de acuerdo al esquema experimental.

### **Determinación de la acidez titulable por el método de titulación por NaOH (Gaviria, 1980).**

#### **Procedimiento:**

Se colocó 9 ml de leche en el vaso precipitado.

Se le adiciono otra cantidad igual de agua destilada hasta obtener una solución líquida.

Se le adiciono 2 – 3 gotas de fenolftaleína al 1%.

Titular con hidróxido de sodio 0.1 N hasta la aparición de un color rosado que persista de 15 a 30 segundos.

$$\% \text{ ACIDEZ } \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \text{ ÁCIDO LÁCTICO} \right) = \frac{V * N * 90}{M}$$

En donde:

V=Volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1 N gastado en la titulación de la muestra, en ml.

N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

M = Volumen de la muestra, en ml.

90 = Equivalente del ácido láctico.

NOTA: Un mL de NaOH 0.1 N es igual a 0.0090 g de ácido láctico.

Este análisis se repitió para todos los tratamientos del yogurt batido de acuerdo al esquema experimental.

### **Determinación del pH por el método del potenciómetro (Gaviria, 1980).**

#### **Procedimiento:**

- Primeramente se procedió a calibrar el potenciómetro hasta obtener un pH neutro.
- Se procedió preparar la muestra de aproximadamente 25 – 30 mL.
- Se introdujo el sensor de calibración a una muestra de agua destilada.
- Se introdujo el sensor a la muestra y se procede a la lectura correspondiente.

### **Determinación de la viscosidad del yogurt por la metodología de esferas que caen (José, 2012).**

Un viscosímetro de esferas que caen puede ser hecho con un cilindro largo y graduado con una base de jebe teniendo un tubo central de vidrio para insertar las esferas. Las esferas miniaturas pueden ser hechas de acero o de otros materiales con diferentes densidades.

Se debe tener mucho cuidado en llenar el cilindro hasta el tope, y las esferas deben ser agregadas suavemente.

El tiempo de caída puede ser una velocidad de caída constante durante el intervalo de tiempo. Para líquidos opacos el tránsito de una esfera de metal por un punto puede ser monitoreado eléctricamente.

Los viscosímetros de esfera que caen son generalmente empleados para materiales razonablemente viscosos a causa de la dificultad de manejo de esferas muy pequeñas o cuando la densidad de la esfera y del fluido son muy diferentes y la velocidad de caída es muy alta. Esta técnica es usada en casos especiales en la que, la turbulencia del fluido para la medida de la viscosidad ha sido omitida o en los cuales hay otros factores inusuales que salen de las reglas de los viscosímetros rotacionales y capilares.

## **PROCEDIMIENTO**

- a. Determinamos las características geométricas del cilindro o tubo que contiene el fluido, el diámetro (D) y altura (L) del fluido.
- b. Determinamos las densidades de las esferas ( $\rho_s$ ) mediante la relación de peso entre volumen.
- c. Determinamos la densidad del fluido ( $\rho_f$ ) mediante el uso de un densímetro.
- d. Determinamos los tiempos de caída de las esferas con la ayuda de cronómetros (realizar tres repeticiones para cada esfera).
- e. Determinamos la temperatura del fluido a medir (mantenerla constante).

Este análisis se repitió para todos los tratamientos del yogurt batido de acuerdo al esquema experimental.

## **2.4. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para la presente investigación se planteó un Diseño Factorial 2x2, en el cual se tuvieron dos variables (temperatura y acidez), para los cuales se planteó dos niveles para cada variable (4 °C, T° ambiente; 60 °D, 110 °D).

Donde:

- T° ambiente=15 °C

Para este trabajo se planteó un nivel de confianza de 95%, con valor  $\alpha = 0.05$ . La variable de respuesta es el índice de consistencia (viscosidad).

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.**

Los resultados se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza al 5% de significancia estadística tanto para las variables independientes como dependientes para cada uno de los tratamientos. Para determinar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y sus

interacciones, se empleó la prueba de TUKEY al 5 % de significancia estadística.

El análisis estadístico que se realizó fue del tipo experimental  $2^2$ , a partir de este esquema se plantea el siguiente modelo matemático, Gutiérrez (2008):

$$Y(ij) = \mu + \beta_i + \epsilon_j(i)$$

Dónde:

Yij	: Es la variable de respuesta (Viscosidad) bajo el efecto combinado de ambas variables de tratamiento (Temperatura y Acidez).
$\mu$	: La Media General.
$\beta$	: Es la variación que se le atribuyera a los niveles de la variable que se está evaluando (efecto de los tratamientos).
$\epsilon$	: Es la variación del factor no controlado (error experimental).
i	: i-ésima repetición del tratamiento general.
j	: j-ésima repetición de cada tratamientos.
j(i)	: Es la variación de las unidades experimentales relacionado a los tratamientos.

## HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Las pruebas de hipótesis se trabajaron para las diferentes variables y sus niveles:

### - Para temperatura

Para la hipótesis de la siguiente manera:

H0: No existen diferencias significativas entre temperaturas (H0:  $\beta_1=0$ )

Ha: Si existen diferencias significativas entre temperaturas (Ha:  $\beta_1 \neq 0$ )

### - Para nivel de acidez

Para la hipótesis de la siguiente manera:

H0: No existen diferencias significativas entre nivel de acidez (H0:  $\beta_1=0$ )

Ha: Si existen diferencias significativas entre nivel de acidez (Ha:  $\beta_1 \neq 0$ )

### Los criterios de aceptación o rechazo de la hipótesis serán:

- Si el valor "p" del parámetro F > 0.05 se acepta la H0.

- Si el valor “p” del parámetro  $F < 0.05$  se rechaza la  $H_0$ .

**Dónde:**

$H_0$ : Hipótesis nula

$H_a$ : Hipótesis alterna

$\beta_1$ : Símbolo del valor de la hipótesis

F: Relación entre los cuadrados medios y el porcentaje de error.

p: Probabilidad estadística

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3.1. DE LA EVALUACIÓN DE LA VISCOSIDAD POR LA METODOLOGÍA DE ESFERAS QUE CAEN.

En la tabla (6), se observa los valores obtenidos durante el experimento de la viscosidad del yogurt batido para los diferentes tratamientos propuestos, con sus respectivas repeticiones; en ella se aprecia que en la repetición 2, presentan los más altos valores de viscosidad, variando desde 6.28 hasta 10.44 con una diferencia entre el máximo y el mínimo de 4.16; por otro lado se observa que los resultados de la repetición 3 presentan una variación desde 5.64 hasta 9.56, con una diferencia entre el máximo y el mínimo de 3.82; estos valores fueron obtenidos con la Metodología de esferas que caen.

**Tabla 06.** Cuadro de resultados para la viscosidad del yogurt batido por tratamientos.

TEMPERATURA	T= 4 °C		T= 15 °C	
ACIDEZ	60 °D	110 °D	60°D	110°D
INTERACCIÓN	t1 - 60 (°D)	t2 -110 (°D)	t3 - 60 (°D)	t4 -110 (°D)
REPETICIÓN 1	8.41	9.88	5.93	6.07
REPETICIÓN 2	8.75	10.44	6.28	6.73
REPETICIÓN 3	8.2	9.56	5.67	5.64

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 07.** Valores de viscosidad con esfera grande del yogur batido por tratamientos.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Acidez (°D)	Viscosidad con esfera grande		
T1	4	60	6.97	±	0.43
T2	15	60	4.98	±	0.47
T3	4	110	7.17	±	0.25
T4	15	110	4.82	±	0.46

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus.

En la tabla (07) se presenta los valores de viscosidad del yogur batido por tratamientos, utilizando la metodología de esferas que caen, con esfera grande; en la que el tratamiento T2 tiene una alta desviación estándar que tiene un valor  $\pm 0.47$  a comparación del tratamiento T3 que tiene una desviación estándar de  $\pm 0.25$ , ello nos demuestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos, para un error del 5 % ( $p \text{ value} > 0.05$ ), evaluada con el estadígrafo Tukey.

**Tabla 08.** ANOVA de los factores e interacción de la viscosidad con esfera grande del yogur batido.

Fuente	$F_{cal}$	$p\text{-value}$
Factores		
T: Temperatura	84.3	0
A: Acidez	0	0.946
Interacción		
TA	0.6	0.46

Evaluado para un  $\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus

En la tabla (08) se puede apreciar el análisis de varianza de los factores e interacción de la viscosidad del yogur batido utilizando la metodología de esferas que caen, con esfera grande, en la que el factor o variable temperatura tiene un  $F_{cal}$  de 84.3, a



comparación del factor acidez que tiene 0. Cuando se hace una interacción TA con un  $F_{cal}$  de 0.6.

**Tabla 09.** Valores de viscosidad con esfera pequeña del yogur batido por tratamientos.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Acidez (°D)	Viscosidad con esfera pequeño		
T1	4	60	9.94	±	0.98
T2	15	60	6.93	±	0.15
T3	4	110	12.74	±	1.13
T4	15	110	7.47	±	0.64

En la tabla (09) se presenta los valores de viscosidad del yogurt batido por tratamientos, utilizando la metodología de esferas que caen, con esfera pequeña; en ella se muestra a diferencia de la tabla (07) que el tratamiento T3 tiene una alta desviación estándar que tiene un valor  $\pm 1.13$  a comparación del tratamiento T2 que tiene una desviación estándar de  $\pm 0.15$ , ello nos demuestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos, para un error del 5 % ( $p \text{ value} > 0.05$ ), evaluada con el estadígrafo Tukey.

**Tabla 10.** ANOVA de los factores e interacción de la viscosidad con esfera pequeña del yogur batido.

Fuente	$F_{cal}$	$p\text{-value}$
<b>Factores</b>		
T: Temperatura	77.06	0
A: Acidez	12.57	0.008
<b>Interacción</b>		
TA	5.8	0.043

Evaluado para un  $\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia, Statgraphics plus

En la tabla (10) se puede apreciar el análisis de varianza para los factores e interacción de variables de la viscosidad

del yogurt batido utilizando la metodología de esferas que caen, con esfera grande, en la que el factor o variable temperatura tiene un  $F_{cal}$  de 77.06, a comparación del factor acidez que tiene 12.57. Cuando se hace una interacción TA con un  $F_{cal}$  de 5.8.

**Tabla 11.** Efectos estimados para Viscosidad (Pa.s)

<b>Efecto</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>V.I.F.</b>
<b>Promedio</b>	7.62333	0.0379113	
<b>A:Temperatura</b>	-3.14	0.0758226	1.0
<b>B:Acidez</b>	0.833333	0.0758226	1.0
<b>AB</b>	-0.646667	0.0758226	1.0
<b>Bloque</b>	0.853333	0.107229	1.33333
<b>Bloque</b>	-0.711667	0.107229	1.33333

**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

Donde:

V.I.F. es el factor de inflación de la varianza.

En la tabla (7), se muestra los valores para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Se puede ver también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1.33333. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1.

**Tabla 12.** Análisis de Varianza para Viscosidad.

<b>Fuente</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>A:Temperatura</b>	29.5788	1	29.5788	1714.99	0.0000
<b>B:Acidez</b>	2.08333	1	2.08333	120.79	0.0000
<b>AB</b>	1.25453	1	1.25453	72.74	0.0001
<b>bloques</b>	1.25472	2	0.627358	36.37	0.0004
<b>Error total</b>	0.103483	6	0.0172472		
<b>Total (corr.)</b>	34.2749	11			

**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

De la tabla (8) Análisis de varianza para viscosidad se obtiene los siguientes estadísticos:

R-cuadrada	= 99.6981 %
R-cuadrada (ajustada por g.l.)	= 99.5849 %
Error estándar del estándar	= 0.131329
Error absoluto medio	= 0.0788889
Estadístico Durbin-Watson	= 2.17267 (P=0.4212)
Auto correlación residual de Lag 1	= -0.215131

La tabla ANOVA (8), particiona la variabilidad de Viscosidad en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 4 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. Lo cual indica que el experimento es confiable y aceptable.

En la misma tabla del ANOVA (8), se puede observar que el estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 99.6981% de la variabilidad en Viscosidad. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es

más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 99.5849%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.131329. El error medio absoluto (MAE) de 0.0788889 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de auto correlación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

**Tabla 13.** Coeficiente de regresión para viscosidad

<b>Coeficiente</b>	<b>Estimado</b>
<b>Constante</b>	7.01964
<b>A:Temperatura</b>	-0.0855758
<b>B:Acidez</b>	0.0390061
<b>AB</b>	-0.00235152

**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

En la tabla (9) se observa el coeficiente de regresión para viscosidad y esta nos despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo matemático para este tipo de experimentos, y para un diseño factorial (DCA) ajustado es la siguiente:

$$\text{Viscosidad} = 7.01964 - 0.0855758 * \text{Temperatura} + 0.0390061 * \text{Acidez} - 0.00235152 * \text{Temperatura} * \text{Acidez}$$

Los valores para la temperatura son los siguientes:

- Temperatura ambiente = 15 °C
- Temperatura de refrigeración = 4 °C

Los valores para la acidez son:

- Inicial = 60 °D
- Final = 110 °D

En donde los valores de las variables están especificados en las unidades originales; tal como sigue:

- Temperatura = °C
- Acidez = °D
- Viscosidad = Pa.s

**Tabla 14.** Resultados estimados para Viscosidad

	<b>Observados</b>	<b>Ajustados</b>	<b>Inferior 95.0%</b>	<b>Superior 95.0%</b>
<b>Fila</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>	<b>para Media</b>	<b>para Media</b>
1	9.8	9.8625	9.63527	10.0897
2	8.41	8.3825	8.15527	8.60973
3	5.93	5.88917	5.66194	6.1164
4	6.07	6.07583	5.8486	6.30306
5	10.44	10.36	10.1328	10.5872
6	8.75	8.88	8.65277	9.10723
7	6.28	6.38667	6.15944	6.6139
8	6.73	6.57333	6.3461	6.80056
9	9.56	9.5775	9.35027	9.80473
10	8.2	8.0975	7.87027	8.32473
11	5.67	5.60417	5.37694	5.8314
12	5.64	5.79083	5.5636	6.01806

**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

En tabla (10), se observa que contiene información acerca de los valores de Viscosidad generados usando el modelo matemático ajustado. La tabla incluye:

- Los valores observados de Viscosidad
- El valor predicho de Viscosidad usando el modelo ajustado (valor ajustado).
- Intervalos de confianza del 95.0% para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de datos.

**Tabla 15.** Optimización de respuesta

Meta: maximizar Viscosidad

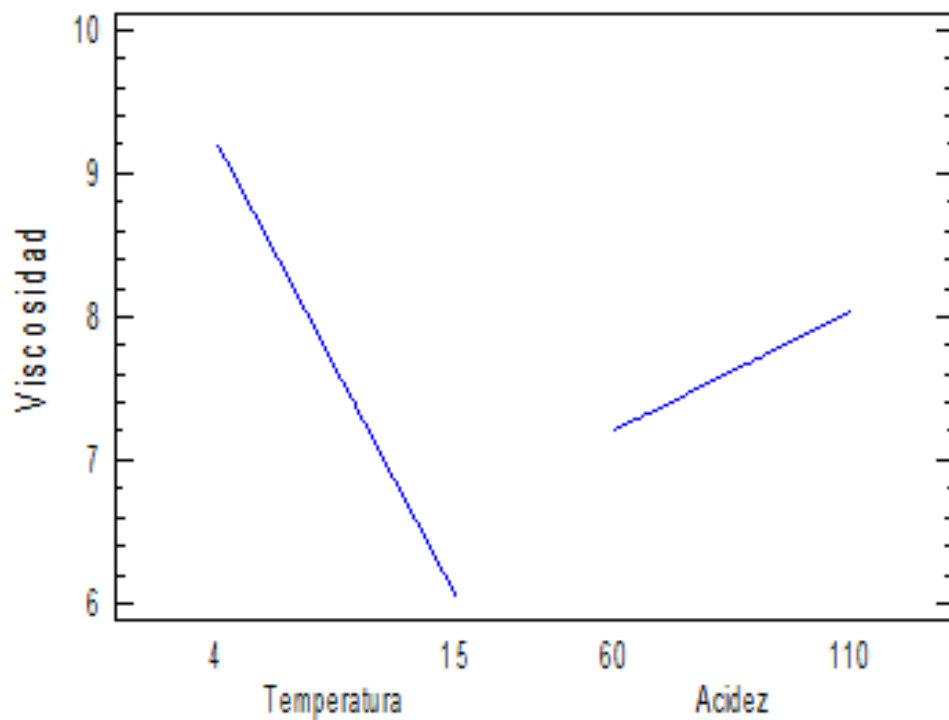
Valor óptimo = 9.93333

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	4.0	15.0	4.0
Acidez	60.0	110.0	110.0

**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

La tabla (11), muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Viscosidad sobre la región indicada, indicando los valores óptimos.

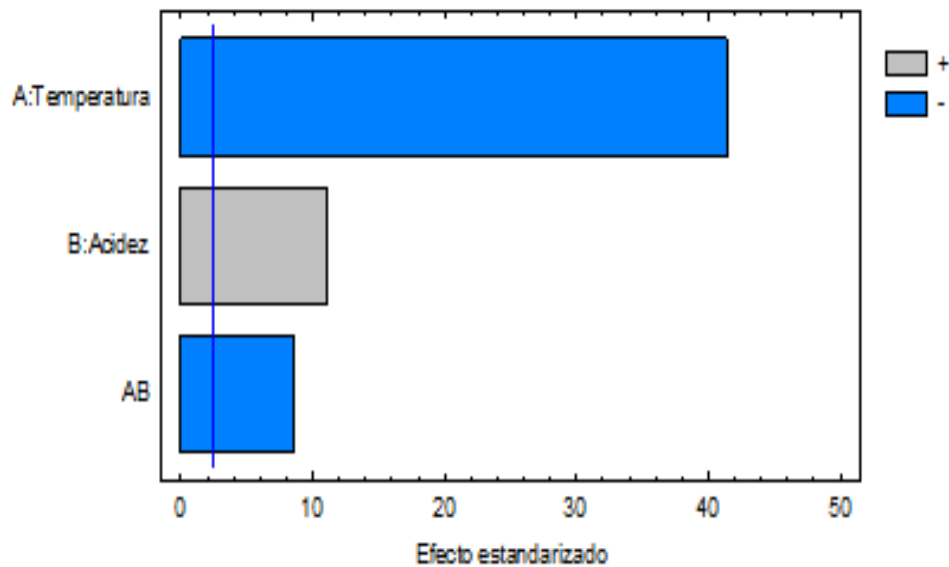
**Figura 3.** Gráfica de efectos principales para viscosidad.



**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

En la figura (3), se puede visualizar que la viscosidad disminuye desde 9.13 hasta 6.1 Pa.s cuando la temperatura aumenta desde una temperatura de refrigeración (4 °C) hasta una temperatura ambiente (15 °C). Es decir que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento a razón de 0.28 Pa.s por 1 °C. De lo contrario sucede que aumenta la viscosidad del yogurt batido a medida que aumenta la variable acidez, a través del tiempo de almacenamiento.

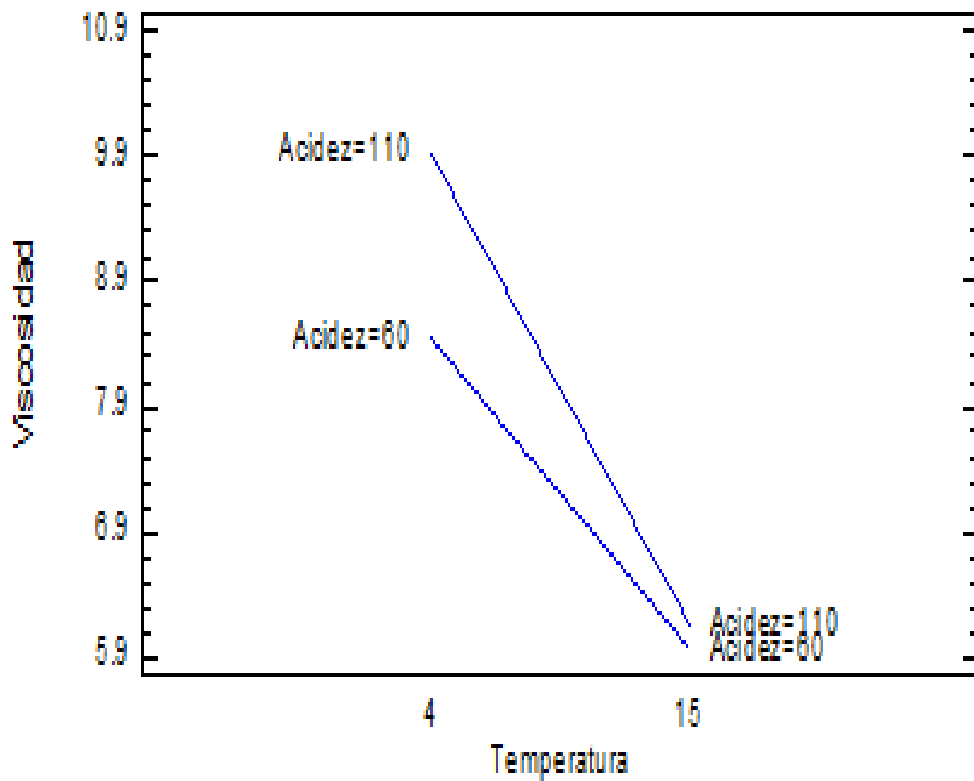
**Figura 4.** Diagrama de Pareto estandarizada para viscosidad



**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

En la figura (4), se presenta el diagrama de Pareto estandarizado para la variable de respuesta (viscosidad) expresada en unidades de Pa.s. En ella se puede apreciar el efecto de las variables de entrada o dependientes (temperatura y acidez) y el efecto combinado. En la que la variable temperatura (°C) influye negativamente, y la variable acidez (°D) influye positivamente. En el efecto combinado la influencia es relativamente medio.

**Figura 5.** Gráfica de interacción para viscosidad.

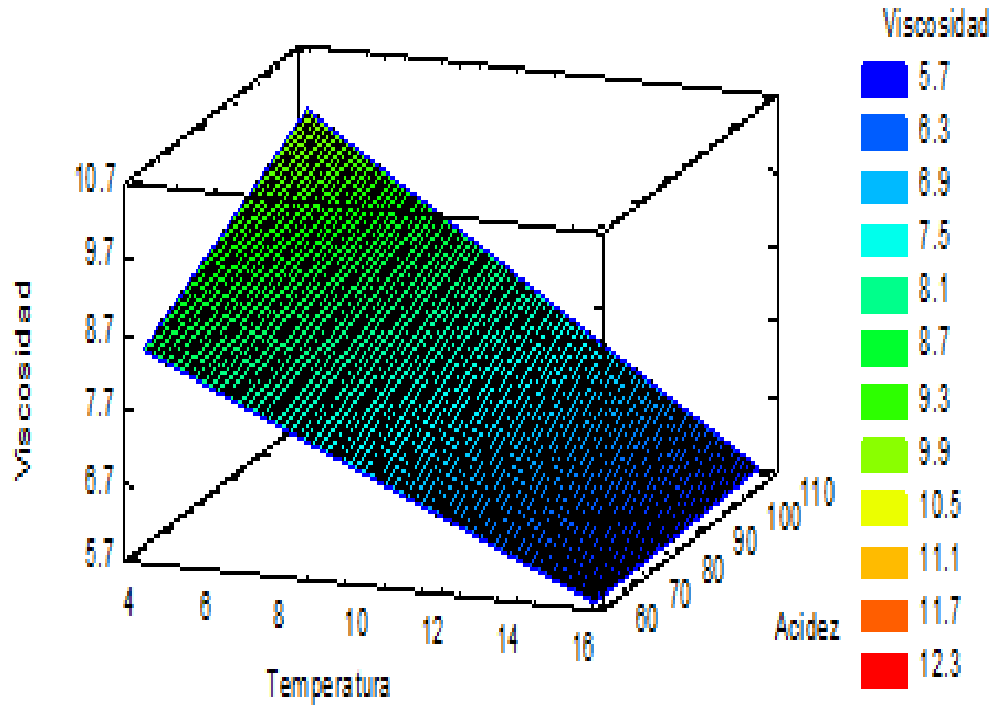


**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

En la figura (5) se aprecia la interacción de variables para la viscosidad del yogurt batido, en ella se muestra la interacción de la variable acidez y la variable temperatura en ella se visualiza que la acidez es alta y la temperatura es de refrigeración (4 °C), de igual forma cuando la temperatura es ambiente (15 °C) la viscosidad es 60 °D.



**Figura 6.** Superficie de respuesta estimada.



**Fuente:** Elaboración propia, Statgraphics plus

En la figura (6), se presenta la superficie de respuesta estimada es decir de la variable de respuesta (viscosidad). En que el valor optimo obtenido a través del experimento y la optimización de respuesta es de 9.93 y se muestra con el color caña verde.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### - DE LA EVALUACION DE LA VISCOSIDAD POR LA METODOLOGIA DE ESFERAS QUE CAEN.

En las figuras (3) y (4), claramente se observa que cualquier incremento de la temperatura afecta la viscosidad del yogurt batido de manera negativa.

No obstante el análisis individual de las variables de entrada realizadas a través de las figuras (3) y (4), muestra que presentan un efecto en la viscosidad, sin embargo este efecto no es significativo cuando se considera un ANOVA, en la tabla (8).

Cuando se hace una comparación de valores con los encontrados por, Zambrano (2008). Evaluación de la calidad de yogur tipo II elaborado con leche concentrada por micro filtración tangencial utilizando diferentes tipos de grasas y estabilizante. Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra – Ecuador. En la que menciona que el yogur tipo II elaborado con leche concentrada por micro filtración tangencial, utilizando dos tipos de grasa y porcentaje de estabilizante es de muy buena calidad, ya que se obtuvo un producto con mayor porcentaje de proteína, sólidos totales, mayor viscosidad y se evitó al máximo el desuerado, por lo que se concluye que se cumple la hipótesis alternativa.

También menciona que luego de realizados los análisis de viscosidad y sinéresis se puede concluir que el uso de estabilizante ayudó a obtener una mayor consistencia en el caso de la viscosidad (viscosidad óptima), evitó que exista sinéresis en el yogur, además incrementó el porcentaje de sólidos totales y aumentó el rendimiento en el producto final.

- **DE LA DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE LA VISCOSIDAD DEL YOGURT BATIDO.**

Claramente se puede observar que cualquier incremento de la temperatura (temperatura ambiente) afecta la viscosidad del yogurt batido de manera negativa. Esto se puede demostrar gracias al estudio previo de Zambrano (2008). Evaluación de la calidad de yogur tipo II elaborado con leche concentrada por micro filtración tangencial utilizando diferentes tipos de grasas y estabilizante. Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra – Ecuador. En ella concluye lo siguiente: En la viscosidad los mejores tratamiento son el T5 (crema de leche al 1.5% y 0.3% de estabilizante) y el T6 (crema de leche al 3% y 0.3% de estabilizante) con una consistencia mayor a los demás tratamientos lo que indica que la presencia de crema de leche y estabilizante en el yogur produce mayor viscosidad.

- **DE LA DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓN SOBRE LA VISCOSIDAD DEL YOGURT BATIDO.**

Claramente se puede observar que cualquier variación de la temperatura de refrigeración influye en la viscosidad del yogurt batido de manera positivamente. Ello se puede contrastar gracias al estudio previo de Zambrano (2008). Evaluación de la calidad de yogur tipo II elaborado con leche concentrada por micro filtración tangencial utilizando diferentes tipos de grasas y estabilizante. Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra – Ecuador. En la que concluye que los tipos de grasa utilizados para la elaboración de yogur dieron excelentes resultados, ya que cada

tipo influye en determinadas características del yogur, la crema de leche ayudó a disminuir el tiempo de fermentación, produjo mayor viscosidad, disminuyó el desuerado y produjo mayor rendimiento, mientras que la grasa MTH ayudó a disminuir la acidez y aumentó el porcentaje de sólidos totales.

En cuanto a la acidez del yogur el mejor tratamiento son T4 (MTH con 3% de grasa y 0.0% de estabilizante), lo indica que con MTH, mayor porcentaje de grasa y sin estabilizante disminuye la acidez, mientras que con un menor porcentaje de grasa y presencia de estabilizante aumenta la acidez.

- **DE LA DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA COMBINADA DE LA ACIDEZ Y LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA VISCOSIDAD DEL YOGURT BATIDO.**

Para el viscosímetro de esferas que caen, la viscosidad aumenta a medida que disminuye la temperatura, y una acidez de 60 °D es menor la viscosidad.

En el estudio realizado por Zambrano (2008). Evaluación de la calidad de yogur tipo II elaborado con leche concentrada por micro filtración tangencial utilizando diferentes tipos de grasas y estabilizante. Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra – Ecuador. Menciona que en la viscosidad los mejores tratamiento son el T5 (crema de leche al 1.5% y 0.3% de estabilizante) y el T6 (crema de leche al 3% y 0.3% de estabilizante) con una consistencia mayor a los demás tratamientos lo que indica que la presencia de crema de leche y estabilizante en el yogur produce mayor viscosidad.

En el caso del estudio realizado por Díaz (2013), Desarrollo de un Yogurt tipo I de Plátano para la Empresa de Lácteos “EL BELÉN”. Tesis

de Pregrado. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería de Alimentos. Quito – Ecuador. Menciona que la viscosidad del yogurt de plátano defiere directamente en la aceptación del yogurt, esto gracias al estudio de mercado que realizo. En la que concluye que la parametrización de la frecuencia de consumo de yogurt se da con los valores de 42% por día, 40% por semana y 18% por mes. Los resultados forman una idea bastante definida sobre la rentabilidad que tendría el producto y cuáles serían sus ventas diarias e ingresos que generaría.

También concluye que los mejores resultados aceptados fueron el tratamiento 3 (T3) que contiene 20% de pulpa y 9% de azúcar y presenta una sinéresis baja y de acidez inicial de 63,67% y final 70% y el tratamiento 5 (T5) que contiene el 15% de pulpa y el 10% de azúcar con una sinéresis y acidez bajas con relación al resto de tratamientos con una acidez inicial de 64,67% y una acidez final de 66%.

En otra conclusión menciona que la relación existente entre la pulpa de plátano y acidez define que entre mayor cantidad de pulpa la acidez se incrementa muy poco, a diferencia de los tratamientos cuyo valor porcentual de 10 % refleja mayor incremento de la acidez, aun así todos los valores entrar dentro de los parametros establecidos por la norma INEN 2395.

En el caso de los T3 con 20% de pulpa y 9% de azúcar y el tratamiento T5 con 15 % de pulpa y 10 % de azúcar poseen un porcentaje de sinéresis y ácido láctico estable, es decir, a más de entrar dentro de los parametros establecidos por la norma INEN 2395:2011, y sus características resultantes son idóneas por eso dichos tratamientos se seleccionaron para realizar el análisis de estabilidad.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos anotar los siguientes:

- La acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento (15 °C) influyen directamente en la viscosidad del yogurt batido.
- Se determinó que la temperatura ambiente (15 °C) durante el almacenamiento influye negativamente sobre la viscosidad de yogurt batido.
- Se evaluó y determino que la temperatura de refrigeración (4 °C) durante el almacenamiento del yogurt influye favorablemente sobre la viscosidad (9.93 Pa.s) de yogurt batido.
- Al realizar el estudio se evaluó y determino que las variables independientes (acidez del yogurt y temperatura de almacenamiento) dependiendo del valor de los mismos influyen uno de forma negativa y el segundo en forma positiva sobre la viscosidad del yogurt batido, esto se concluye gracias a la metodología del efecto combinado de las variables dependientes sobre la variable independiente.

## RECOMENDACIÓN

- Realizar trabajos de investigación enfocadas en una caracterización física, química del yogurt batido elaborado en la Provincia de Andahuaylas.
- Realizar trabajos de investigaciones sobre la aceptabilidad del yogurt caracterizado tanto físico y químicamente, elaborado en la Provincia de Andahuaylas
- Realizar una investigación detallada sobre el uso de la Metodología de esferas que caen para determinar la viscosidad de fluidos no newtonianos, adecuando con sensores de tiempo, temperatura y otras variables.
- Desarrollar una línea de elaboración del yogurt batido con el uso de edulcorantes naturales, para el mercado de la Provincia de Andahuaylas.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Peng y, Horne D. y Lucey J, 2009. Impacto de la pre acidificación de la leche y tiempo de fermentación en las propiedades del yogurt. *Journal of dairy Science*, vol. 92, año 7, Julio 2009, p. 2977-2990.
- Díaz Jiménez, B, Sosa Morales, M. y Vélez Ruiz F. 2004. Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogurt. *Revista mexicana de Ingeniería Química*, año/vol. 3, numero 003. Universidad autónoma metropolitana – Iztapalapa Distrito federal, México. p. 287 – 305.
- Lee, W. y Lucey, J. 2006. Impact of gelation conditions and structural breakdown on the physical and sensory properties of stirred yogurts. *J. Dairy Sci.* 89:2374-2385.
- Salvador, A. y Fiszman, M. 2004. Evaluación de la textura y características sensoriales de yogurt durante el almacenamiento. *J. Dairy Sci.* 87:4066-4041.
- Rojas, W, Chacón, A. y Pineda, M. Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. *Agronomía mesoamericana* 18(2): 221- 237. 2007. ISSN: 1021-7444.
- Santos Moreno, Armando 2007, *Leche y sus derivados* Ed. Trillas, México. Trillas, Ed. reimp. 2007. México. p. 11-27.



- Gueguen M. tecnología de los alimentos. 3a. ed. París, Ed. Lavoisier, S.A., 1997.
- Michel Mahaut, 2004, Productos lácteos industriales. Ed.: Acribia. S.A, Zaragoza - España. p. 38-42.
- Revilla, A. 1985. Tecnología de la leche: procesamiento y manufactura y análisis. IICA. San jose, Costa Rica. p. 47.
- Fennema, O. R. 1996. Química de los alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Tamime, A. Y. y Robinson, R.K. Yogurt: Ciencia y tecnología. Ed. Acribia S. A. España 1991. p. 1 – 7.
- Schimidt, K. F. Elaboración artesanal de mantequilla, yogurt y queso. Ed. Acribia S. A. España. 1988. 2ª reimp. 2000. p. 91-94.
- Hernández Carranza, P. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reologicas del yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis maestría. Ciencia de alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, Mayo. 2004.
- Muller, H. G. Introducción a la reologia de los alimentos. Ed. Acribia S. A Zaragoza España.

- Gutiérrez Pulido, Humberto y De La Vara Salazar Román. Análisis y diseño de experimentos. Ed. Mcgraw-hill. México, 2008. 2ª ed. p. 2-14; 18-20; 126-150.
- Gaviria, Blanca Cecilia. Manual de Procedimientos Microbiológicos en Leche y Derivados Lacteos. Ed. Merck, Colombia, 1980.
- Zambrano Lucero, Gloria Nohemy, Evaluación de la Calidad de Yogur tipo II Elaborado con Leche Concentrada por Micro filtración Tangencial Utilizando Diferentes Tipos de Grasas y Estabilizante. Tesis de pregrado. Ibarra-Ecuador, 2008.
- Díaz Pereira, Jessica Alejandra. Desarrollo de un Yogurt Tipo I de Plátano para la Empresa de Lácteos "El Belén" Tesis de Pregrado. Quito-Ecuador, 2013.
- Sánchez Hernández, Blanca Estela. "Viscosímetro de bola". Tesis México, D. F. 2008.

## ANEXOS

**ANEXO 01.** Contraste múltiple de rango de viscosidad utilizando el viscosímetro de esferas que caen, con esfera grande.

-----  
Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

	Frec.	Media	Grupos homogéneos
T4	3	4,81667	X
T3	3	4,98333	X
T1	3	6,97	X
T2	3	7,17	X

-----

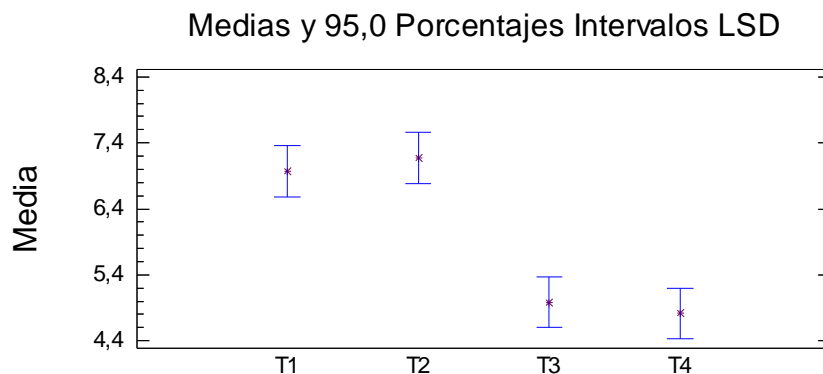
Contraste	Diferencias	+/- Límites
T1 - T2	-0,2	1,06995
T1 - T3	*1,98667	1,06995
T1 - T4	*2,15333	1,06995
T2 - T3	*2,18667	1,06995
T2 - T4	*2,35333	1,06995
T3 - T4	0,16667	1,06995

-----

\* indica una diferencia significativa.

## El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas detrás. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares, indica que éstos muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95,0%. En la parte superior de la página, se identifican 2 grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD). Con este método, hay un 5,0% de riesgo de considerar uno o más pares como significativamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0.



**ANEXO 02.** Contraste múltiple de rango de viscosidad utilizando el viscosímetro de esferas que caen, con esfera pequeña.

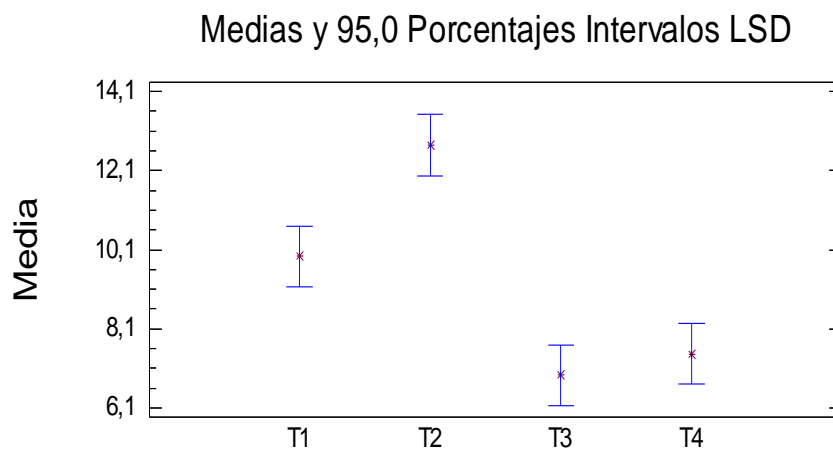
Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey

	Frec.	Media	Grupos homogéneos
T3	3	6,93333	X
T4	3	7,47	X
T1	3	9,93667	X
T2	3	12,7433	X

Contraste	Diferencias	+/- Límites
T1 - T2	*-2,80667	2,13423
T1 - T3	*3,00333	2,13423
T1 - T4	*2,46667	2,13423
T2 - T3	*5,81	2,13423
T2 - T4	*5,27333	2,13423
T3 - T4	-0,536667	2,13423

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras. La mitad inferior de la salida muestra la diferencia estimada entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares, indica que éstos muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza 95,0%. En la parte superior de la página, se identifican 3 grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tienen signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. El método actualmente utilizado para discernir entre las medias es el procedimiento de la diferencia más francamente significativa de Tukey (HSD). Con este método, hay un 5,0% de riesgo de considerar uno o más pares como significativamente diferentes cuando su diferencia real es igual a 0.



**Anexo 03:** Análisis de varianza de un solo factor de aceptabilidad, esfera grande y esfera pequeño del yogurt batido.

Análisis de varianza de un factor de aceptabilidad

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	18	107	5.9	2.40849673
T2	18	113	6.3	3.62418301
T3	18	111	6.2	3.67647059
T4	18	113	6.3	5.15359477

Análisis de varianza de un factor de esfera grande

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	20.91	6.97	0.1813
T2	3	21.51	7.17	0.0603
T3	3	14.95	4.98	0.21923333
T4	3	14.45	4.82	0.20943333

Análisis de varianza de un factor de esfera pequeño

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	29.81	9.94	0.96083333
T2	3	38.23	12.74	1.28063333
T3	3	20.8	6.93	0.02103333
T4	3	22.41	7.47	0.4044

**Anexo 04:** Cuadro de resultados de tiempo de caída de esferas para la metodología del viscosímetro de esferas que caen, con esfera grande.

**TRATAMIENTO: 4 °C - 60 °D - ESFERA GRANDE**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)						v
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	1.18	1.25	1.37	1.37	1.40	1.31	0.17
Segunda	0.22	1.13	1.15	1.27	1.28	1.26	1.22	0.18
Tercera	0.22	1.23	1.32	1.42	1.46	1.47	1.38	0.16

**TRATAMIENTO: 4 °C - 110 °D - ESFERA GRANDE**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)						v
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	1.21	1.38	1.34	1.51	1.29	1.35	0.16
Segunda	0.22	1.24	1.31	1.25	1.47	1.23	1.30	0.17
Tercera	0.22	1.23	1.36	1.36	1.53	1.42	1.38	0.16

**TRATAMIENTO: T Amb - 60 °D - ESFERA GRANDE**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)						v
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	1.12	0.93	0.81	0.81	0.92	0.92	0.24
Segunda	0.22	1.10	1.05	0.99	1.03	0.97	1.03	0.21
Tercera	0.22	0.86	0.91	0.79	0.78	0.91	0.85	0.26

**TRATAMIENTO: T Amb - 110 °D - ESFERA GRANDE**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)						v
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	1.04	0.95	0.87	0.79	0.80	0.89	0.25
Segunda	0.22	1.02	0.98	1.02	0.98	0.99	1.00	0.22
Tercera	0.22	0.97	0.89	0.81	0.73	0.72	0.82	0.27



**Anexo 05:** Cuadro de resultados de tiempo de caída de esferas para la metodología del viscosímetro de esferas que caen, con esfera pequeña.

**TRATAMIENTO: 4 °C - 60 °D - ESFERA PEQUEÑA**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)					v	
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	1.15	1.11	0.98	0.85	0.97	1.01	0.22
Segunda	0.22	1.25	1.29	1.11	0.96	1.06	1.13	0.19
Tercera	0.22	1.05	1.03	0.92	0.78	0.88	0.93	0.24

**TRATAMIENTO: 4 °C - 110 °D - ESFERA PEQUEÑA**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)					v	
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	1.48	1.35	1.28	1.20	1.16	1.29	0.17
Segunda	0.22	1.57	1.44	1.38	1.33	1.36	1.42	0.16
Tercera	0.22	1.34	1.25	1.23	1.13	1.09	1.21	0.18

**TRATAMIENTO: T Amb - 60 °D - ESFERA PEQUEÑA**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)					v	
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	0.74	0.72	0.71	0.72	0.68	0.71	0.31
Segunda	0.22	0.75	0.73	0.82	0.68	0.65	0.73	0.30
Tercera	0.22	0.71	0.68	0.65	0.77	0.69	0.70	0.31

**TRATAMIENTO: T Amb - 110 °D - ESFERA PEQUEÑA**

REPETICION	L	Tiempo de caída: t (s)					v	
	( m )	1	2	3	4	5	t <sub>prom</sub>	m/s
Primera	0.22	0.97	0.70	0.69	0.70	0.74	0.76	0.29
Segunda	0.22	1.02	0.86	0.79	0.82	0.72	0.84	0.26
Tercera	0.22	0.84	0.67	0.63	0.64	0.75	0.71	0.31

**Anexo 06:** Cuadro de datos de las esferas.

N°	CARACTERÍSTICA	VALORES		UNIDADES
		ESFERA GRANDE	ESFERA PEQUEÑA	
1	RADIO	0.75	0.45	cm
2	PESO	18.9	5.6	g
3	DIÁMETRO	1.5	0.9	cm
4	DENSIDAD	10.7	14.7	g/cm <sup>3</sup>
5	VOLUMEN	1.77	0.38	cm <sup>3</sup>

**Anexo 07:** Cuadro de resultados de la viscosidad del yogurt batido.

T= 4 °C		T= 15 °C	
60 °D	110 °D	60°D	110°D
t1 - 60 (°D)	t2 -110 (°D)	t3 - 60 (°D)	t4 -110 (°D)
8.41	9.88	5.93	6.07
8.75	10.44	6.28	6.73
8.2	9.56	5.67	5.64
8.453	9.960	5.960	6.147
0.278	0.445	0.306	0.549

**Anexo 08: Galería fotográfica.**



Tesista realizando evaluaciones físicas y químicas



Muestras debidamente rotuladas desde tratamiento 1 – 4 y materia prima



Tesista realizando algunas evaluaciones físicas y químicas.



Muestras llevadas a la estufa



Poniendo en práctica la metodología del viscosímetro de esferas que caen.